

# **Morphometrische Studien an Eiern von Hybrid- und Rassehühnern mit Versuchen zur Detektion einer Beziehung zwischen der Form von Eiern und dem Geschlecht der darin befindlichen Küken.**

Eine oologische und mathematische Studie

**Dirk Imholt**

## **INAUGURAL-DISSERTATION**

zur Erlangung des Grades eines  
Dr. med. vet.  
beim Fachbereich Veterinärmedizin  
der Justus-Liebig-Universität Gießen



*édition scientifique*  
**VVB LAUFERSWEILER VERLAG**

**Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.**

Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung des Autors oder des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

1. Auflage 2010

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the Author or the Publishers.

1<sup>st</sup> Edition 2010

© 2010 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen  
Printed in Germany



*édition scientifique*  
**VVB LAUFERSWEILER VERLAG**

STAUFENBERGRING 15, D-35396 GIESSEN  
Tel: 0641-5599888 Fax: 0641-5599890  
email: [redaktion@doktorverlag.de](mailto:redaktion@doktorverlag.de)

**[www.doktorverlag.de](http://www.doktorverlag.de)**

Aus der Klinik für Vögel, Reptilien, Amphibien und Fische  
der Justus Liebig Universität Giessen  
Betreuer: Prof. Dr. Dr. h.c. Erhard F. Kaleta

**Morphometrische Studien an Eiern von Hybrid- und Rassehühnern  
mit Versuchen zur Detektion einer Beziehung zwischen der Form von  
Eiern und dem Geschlecht der darin befindlichen Küken.  
Eine oologische und mathematische Studie.**

**INAUGURAL- DISSERTATION**  
zur Erlangung des Grades eines  
Dr. med. vet.  
beim Fachbereich Veterinärmedizin  
der Justus-Liebig-Universität Gießen

eingereicht von

**DIRK IMHOLT**  
Tierarzt aus Thuine

Giessen 2010

Mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Dekan: Prof. Dr. Dr. habil. G. Baljer

Gutachter: Prof. Dr. Dr. h.c. E. F. Kaleta  
Dr. K. Failing

Tag der Disputation: 05.07.2010

Meinen Eltern  
und Katharina



**Inhaltsverzeichnis**

		Seite
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Literaturübersicht</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Historische Literatur zur Beziehung zwischen Eiform und Geschlecht</b>	<b>3</b>
<b>2.2</b>	<b>Eintagsküken: manuelle und instrumentelle Methoden zur Geschlechtsbestimmung</b>	<b>7</b>
2.2.1	Kloaken-(öffnungs-) sexen	7
2.2.2	Federsexen bei Küken mit unterschiedlich schneller Befiederung	7
2.2.3	Federsexen an Hand der Farbe der Daunen	8
2.2.4	Sexen mit Hilfe der Anzahl von Hautschuppen am Fuß	8
2.2.5	Sonographische Untersuchung von Eintagsküken	8
<b>2.3</b>	<b>Angebrütete Eier: genetische und hormonelle Untersuchungen</b>	<b>9</b>
2.3.1	Untersuchung auf Androgene und Östrogene in bebrüteten Eiern	9
2.3.2	Mikroskopische, zellgenetische Analyse des Chromosomensatzes	10
2.3.3	Embryonale Herzfrequenz	11
2.3.4	Verwendung verschiedener Bruttemperaturen	11
2.3.5	Einsatz von Röntgenstrahlen zur Erzeugung weiblicher Küken	12
2.3.6	Geschlechtsumwandlung durch Hormonbehandlung der Eier	12
<b>2.4</b>	<b>Frische, unbebrütete Eier: Molekulare und morphologische Untersuchung</b>	<b>13</b>
2.4.1	Auf der Polymerase Chain-Reaction (PCR) basierende Verfahren	13
2.4.2	Raman-Spektroskopie	14
2.4.3	Fourier-Transform-Infrarot-Spektroskopie (FTIR)	14
2.4.4	Fluoreszenzzytometrie zellulärer DNA aus peripheren Blastodermzellen	14
2.4.5	Eiform	15
<b>2.5</b>	<b>Möglichkeiten die Eiform darzustellen</b>	<b>15</b>
2.5.1	Formindex	15
2.5.2	Kartesisches Oval	16
2.5.3	Ellipsenfunktion – Deformationsfunktion	19
<b>2.6</b>	<b>Lage der Embryonen im Ei</b>	<b>19</b>
<b>2.7</b>	<b>Folgerungen aus veröffentlichten Daten zur Geschlechtsbestimmung</b>	<b>20</b>
<b>2.8</b>	<b>Ideale Kriterien der Geschlechtsbestimmung <i>in ovo</i></b>	<b>21</b>
<b>2.9</b>	<b>Hypothesen</b>	<b>21</b>
<b>3</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>23</b>
<b>3.1</b>	<b>Material</b>	<b>23</b>
3.1.1	Braun- und weißschalige Bruteier aus kommerziellen Elterntierherden des Legetyps	23
3.1.2	Bruteier von Hühnern verschiedener Hybriden und Rassen	25
3.1.3	Apparaturen zum Vermessen der Eier	28
3.1.4	Brutschrank	30
3.1.5	Gefrierschrank	30

## Inhaltsverzeichnis

3.1.6	Material für die Aufzeichnungen	31
3.1.7	Sektionsbesteck	31
3.1.8	Entsorgung	31
<b>3.2</b>	<b>Methoden</b>	<b>31</b>
3.2.1	Messung der maximalen Längen und Breiten der Eier	31
3.2.2	Berechnungen des Formindex	31
3.2.3	Messungen mit Hilfe der selbst konstruierten Messgeräte	32
3.2.4	Berechnung des kartesischen Ovals	33
3.2.5	Berechnung des Polynoms egg(x)	37
3.2.6	Morphologische Geschlechtsbestimmung der Embryonen am 19. Bruttag	40
3.2.7	Überprüfung der Lage der Hühnerembryonen im Ei	40
3.2.8	Statistische Analysen	40
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>42</b>
<b>4.1</b>	<b>Geschlechtsbestimmung</b>	<b>42</b>
<b>4.2</b>	<b>Lage der Küken im Ei</b>	<b>43</b>
<b>4.3</b>	<b>Beziehung zwischen der Form der Eier und den Fehllagen</b>	<b>44</b>
<b>4.4</b>	<b>Längen- und Breiten-Messungen der Eier</b>	<b>46</b>
<b>4.5</b>	<b>Formindex</b>	<b>55</b>
4.5.1	Lohmann Brown	57
4.5.2	Lohmann LSL 1	58
4.5.3	Lohmann LSL 2	60
4.5.4	Shaver 1	61
4.5.5	Shaver 2	63
4.5.6	Maran 1	64
4.5.7	Maran 2	66
4.5.8	Maran 3	67
4.5.9	Tetra	69
4.5.10	Welsumer Zwerg	70
4.5.11	Grünleger	72
4.5.12	Italiener	73
<b>4.6</b>	<b>Kartesisches Oval</b>	<b>75</b>
4.6.1	Excentric e	76
4.6.2	Konstante C	79
4.6.3	Faktor m	82
4.6.4	Neue Größe D	85
<b>4.7</b>	<b>Ellipse – Deformationsfunktion</b>	<b>101</b>
4.7.1	Lohmann Brown	105
4.7.2	Lohmann LSL 1	108
4.7.3	Tetra	111
4.7.4	Welsumer Zwerg	113
4.7.5	Maran 2	115
4.7.6	Maran 3	117
4.7.7	Shaver 2	119
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>121</b>
<b>5.1</b>	<b>Geschlechtsbestimmung</b>	<b>121</b>
<b>5.2</b>	<b>Lage der Küken im Ei</b>	<b>121</b>
<b>5.3</b>	<b>Längen- und Breiten-Messungen</b>	<b>123</b>



## Inhaltsverzeichnis

<b>5.4</b>	<b>Formindex</b>	<b>123</b>
<b>5.5</b>	<b>Kartesisches Oval</b>	<b>124</b>
<b>5.6</b>	<b>Ellipse – Deformationsfunktion</b>	<b>125</b>
<b>5.7</b>	<b>Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen und Ausblick</b>	<b>126</b>
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>128</b>
<b>7</b>	<b>Summary</b>	<b>132</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>136</b>
<b>9</b>	<b>Danksagung</b>	<b>143</b>



## 1 Einleitung

Aus befruchteten Eiern der domestizierten Hühner schlüpfen männliche und weibliche Küken nahezu im Verhältnis 1:1 (LAMBERT und KNOX, 1926; FANGAUF, 1928). Diese Tatsache war nicht von Bedeutung, solange beide Geschlechter großgezogen wurden. Die weiblichen Küken dienten später der Eierproduktion, die meisten der männlichen, um ihr Fleisch zu nutzen und einige wenige Hähne zur Zucht. Im Bereich der Hobbygeflügelhaltung ist das noch heute so.

Die Probleme begannen, als vor ca. fünfzig Jahren im kommerziellen Sektor der Geflügelproduktion Tiere gezüchtet wurden, die nun entweder auf Ei- oder Fleischleistung selektiert waren (CHAMBERS, 1990; FLOCK, 1999).

Bei Hühnern des Fleischtyps werden beide Geschlechter gleichermaßen großgezogen und für den menschlichen Verzehr gemästet (FLOCK und SEEMANN, 1993; ELLENDORFF und KLEIN, 2003). Somit ist die frühzeitige Bestimmung des Geschlechts, das sogenannte Sexen, von Küken der Fleischrassen bzw. –hybriden nicht notwendig. Im Gegensatz zu den Masthühnern wachsen männliche Küken der Legehybriden sehr langsam, verbrauchen relativ viel Futter und setzen nur unzureichend Fleisch an (CHAMBERS, 1990; DAMME und RISTIC, 2003; GERKEN et al., 2003). Demzufolge werden männliche Eintagsküken von Legehybriden meistens getötet. Sie dienen entweder als Futter für carnivore und omnivore Vögel, Reptilien, Säugetiere und Fische oder werden zu industriellen Proteinprodukten verarbeitet.

Der frühe Tod der männlichen Eintagsküken hat in unserer sehr fürsorglichen Gesellschaft Bedenken hervorgerufen, die zu der Forderung führen, der Praktik des Tötens von männlichen Eintagsküken des Legetyps ein Ende zu setzen. Des Weiteren wäre das Ausbrüten von Eiern, die ausschließlich weibliche Küken enthalten, von großem Nutzen für unsere Umwelt, da weniger Energie und nur die Hälfte des Platzes in den Brutschränken für die Brut von Eiern mit weiblichen Küken verbraucht werden würde. Außerdem würde die alleinige Brut von Eiern, aus denen nur weibliche Küken schlüpfen, die Produktivität und dadurch die Wettbewerbsfähigkeit der Brütereien steigern, indem die Kosten pro produziertem, weiblichen Küken sinken würden.

## 1 Einleitung

Ziele dieser Studie sind es

- (I) die historische Literatur auf Aussagen über Relationen zwischen Eiform und Geschlecht der darin befindlichen Anlagen zu untersuchen,
- (II) gängige Praktiken des Sexens von Eintagsküken zu beschreiben,
- (III) historische und aktuelle Methoden der Geschlechtsbestimmung in befruchteten, angebrüteten Eiern zu besprechen,
- (IV) die Mittel der Geschlechtsbestimmung an befruchteten, unbebrüteten Eiern zu diskutieren,
- (V) zu überprüfen, ob ein Zusammenhang zwischen der äußeren Form des Eies und des Geschlechts der darin befindlichen Eizelle besteht und
- (VI) gegebenenfalls eine mathematische Analyse der Beziehung zwischen äußerer Form und Geschlecht der im Ei befindlichen Eizellen vorzunehmen.

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Historische Literatur zur Beziehung zwischen Eiform und Geschlecht

Mit den Grundvoraussetzungen für ideales Sexen im Sinn wurde die zeitgenössische, die frühgeschichtliche, die mittelalterliche und die antike Literatur durchgesehen, um Beschreibungen zu finden, die neues Licht auf die bestehende Frage der Geschlechtsbestimmung *in ovo* werfen könnten. Im Focus der Literaturrecherche standen Beziehungen von embryonalem Geschlecht zu Gewicht, Größe, Farbe, Form und Struktur der Eierschalen von Hühnern und auch von anderen Vögeln. Leider wurden keinerlei Hinweise auf jedwede Beziehung zwischen Geschlecht der Eizellen und dem Gewicht, der Größe, der Form der Eier sowie der Farbe, der Pigmentierung und der Struktur der Eierschale in der neueren Fachliteratur gefunden. Einen Überblick lieferte hierzu kürzlich KILNER (2006).

Hippocrates (460-377 v. Chr.) ist wahrscheinlich der erste Autor, der die Embryologie der Hühnerküken studierte (zitiert von BELLAIRS und OSMOND, 2005). Zitat von NEEDHAM (1934) zufolge richtete Hippocrates seine Studien auf die Embryogenese, ließ dabei aber die Eischale und deren Form außer Acht.

Der älteste Hinweis über Aussagen zum Geschlecht von Embryonen und der Schalenform von Hühnereiern findet sich in den Arbeiten von ARISTOTELES (382-322 v. Chr., Aristoteles a, b, c, d). Aristoteles schrieb im Buch zehn, Kapitel zwei „Die Geschichte der Tiere“ folgendes über Hühnereier: „Eier sind an ihren beiden Enden nicht symmetrisch geformt; mit anderen Worten, ein Ende ist spitz, und das andere Ende ist verhältnismäßig stumpf; und es ist letzteres Ende, welches zuerst erscheint, wenn das Ei abgelegt wird. *Lange und spitze Eier sind weiblich; jene die rund sind, oder die am schmalen Ende mehr gerundet sind, sind männlich.*“

Der Quelle Aristoteles (b) zufolge wurde dieses Werk 350 v. Chr. unter dem griechischen Titel „Του περὶ ζῶα ἱστορίων“ geschrieben und unter dem Titel „The History of Animals“ von D. W. Thompson ins Englische übersetzt. Die Übersetzung des griechischen Originals in Oxford-Englisch von J. Barnes und die Übersetzung in die deutsche Sprache durch A. L. Beck und A. Karsch enthalten einen nahezu identischen Wortlaut und Satzbau der von Aristoteles aufgestellten These. Auf diese Weise können

Missverständnisse der Bedeutung des griechischen Originaltextes und Übersetzungsfehler ausgeschlossen werden.

Des Weiteren ist von Interesse, ob diese kurze Notiz von Aristoteles in späterer Zeit von römischen Autoren zitiert, durch eigene Studien wiederholt oder möglicherweise bestätigt wurde. Überraschenderweise schreibt COLUMELLA (4 v. Chr.) in seinem Werk „Zwölf Bücher über die Landwirtschaft“ („De re rustica“) in der Übersetzung von Will Richter in Band II, Buch 8, 5. Kapitel: *Wenn jemand möglichst viele männliche Kücken erzielen will, muß er möglichst lange und spitze Eier unterlegen; will er weibliche Kücken haben, dann möglichst runde.*“ PLINIUS DER ÄLTERE (23-79 n. Chr.) in seinem Werk „Naturalis historiae“ (übersetzt von G. C. Wittstein) *„Eier, die mehr gerundet erscheinen, enthalten Weibchen, die anderen Männchen.“*

Diese Aussage enthält allerdings das Gegenteil der Auffassung von Aristoteles. Andere römische Schriftsteller, die sich zu landwirtschaftlichen Themen einschließlich der Hühner äußerten, wie zum Beispiel VARRO (116-27 v. Chr.) und VERGILIUS (70-19 v. Chr.) erwähnen die variable Form von Vogeleiern nicht und stellen keine Beziehung zwischen Geschlecht des Embryos und der Form des Eies her.

Quintus Horatius Flaccus, besser bekannt unter dem Namen HORAZ (65-8 v. Chr.), teilt in seinen Satiren II, 3.4 seinem Freund Catus mit: *Sei bedacht, nur solche [Eier] auf den Tisch zu bringen, die von länglicher Gestalt [sind]; sie schmecken besser, haben helleres Eiweiß als die runden, denn die Haut ist härter und ein künftiges Hähnchen steckt dahinter.*“

Somit behaupten die zitierten römischen Agrar-Schriftsteller Columella, Plinius und Horaz genau das Gegenteil von dem, was Aristoteles schrieb.

In späterer Zeit studierten verschiedene Forscher – einige höchst detailliert – die Entwicklung und die Strukturen von Hühnerembryonen. Dennoch, keiner der vielen hervorragenden Autoren zitierte die Regel des Aristoteles in den eigenen Publikationen. Diese Autoren schließen den Schweizer Arzt und Naturwissenschaftler CONRAD GESNER (1516-1565), der zwischen 1551 und 1558 ein detailliertes vierbändiges Buch „Historia animalium“ veröffentlichte, welches auch die Vögel umfasst, den italienischen Naturalisten HIERONYMUS FABRICIUS DE AQUAPEDENTE (1533-1619), der 1618 in seinem Buch „De formatione ovi et pulli, tractatus accuratissimus“ die erste detaillierte Beschreibung der *Cloacal Bursa* (heute bekannt als *Bursa Fabricii*) veröffentlichte, den

englischen Mediziner und Anatomen WILLIAM HARVEY (1578-1657), den italienischen Anatomen MARCELLUS MALPIGHI (1628-1694) und den deutschen Embryologen CASPAR DAVID WOLFF (1753-1794) ein. Es ist bedauerlich, dass in keinem dieser umfangreichen Bücher ein Hinweis auf eine Beziehung zwischen der Form des Eies und dem Geschlecht des darin befindlichen Embryos zu finden ist.

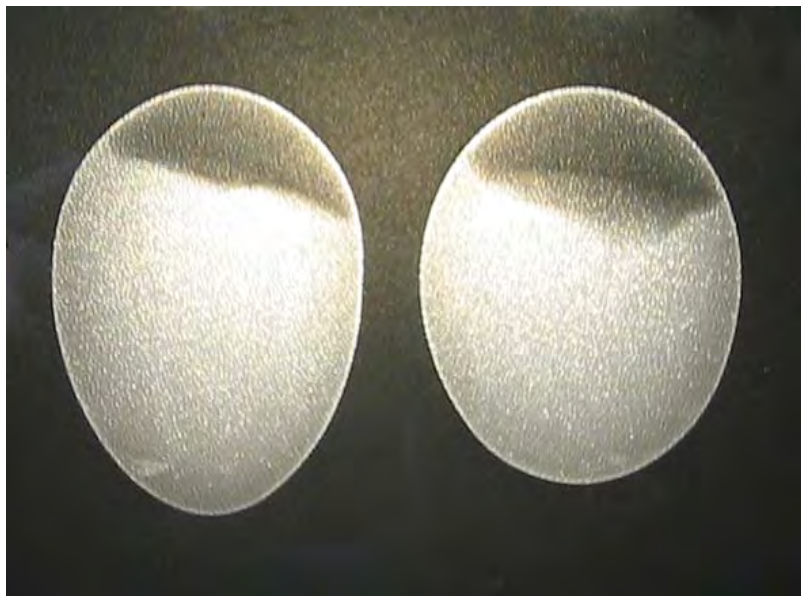
In jüngster Zeit hat STICHNOTH, JR. (1950) eine Broschüre über das Kloakensexen von Küken geschrieben. STICHNOTH, jr. bezieht sich in seiner Monografie auf eine Publikation der beiden Japaner MASUI und HASHIMOTO (1933), die erstmals die Bestimmung des Geschlechts von eintägigen Hühnerküken an Hand der Strukturen in der Kloake beschrieben. STICHNOTH (1950) beobachtete immer wieder, dass große Eier mehr Männchen und kleine Eier mehr Weibchen enthielten. Diese Aussage wurde nie von anderen Autoren bestätigt oder widerlegt.

Die faszinierende Idee irgendeiner bestehenden Beziehung zwischen Eiform und Geschlecht hielt sich in volkskundlichen Ansichten (COLLIGNON, 1928), zog aber kein Interesse der wissenschaftlichen Gemeinschaft auf sich. BORCK (1928), zu dieser Zeit ein wohlbekannter Geflügelzüchter, der das Herdbuch-Verfahren für seine Zuchtaktivitäten bei Hühnern nutzte, weigerte sich zu akzeptieren, dass irgendeine Beziehung zwischen Eiform und Geschlecht ungeschlüpfter Küken bestehen könnte. Er schrieb sehr ironisch, dass Großmutter's Behauptung, spitze Eier enthielten männliche Küken, eine Legende sei, die keine weitere Untersuchung benötige. Des Weiteren führte er aus, dass alle Versuche, das Sideric-Pendel eingeschlossen, das Geschlecht vor dem Schlupf vorherzusagen, vollständig scheitern würden. Die Beobachtung von Aristoteles wird in wissenschaftlichen Dokumenten und Büchern der Embryologie und Anatomie aus jüngerer Zeit nicht erwähnt. Als ein Beispiel sei GROSSFELD genannt. Im Jahre 1938 publizierte GROSSFELD, Professor und wissenschaftliches Mitglied der Preußischen Landesanstalt für Lebensmittel-, Arzneimittel- und Gerichtliche Chemie in Berlin, sein „Handbuch der Eierkunde“. In diesem umfassenden Werk (375 Seiten) über nahezu alle Aspekte der Vogeleier, insbesondere der Hühnereier und deren vielfältige Verwendung, wird an keiner Stelle auf eine gegebenenfalls vorhandene Beziehung zwischen Eiform und dem Geschlecht des darin befindenden Kükens hingewiesen.

## 2 Literaturübersicht

Die im Folgenden erwähnten Methoden zur Geschlechtsbestimmung an Hand der Blastodermzellen des Embryos mit Hilfe molekularer oder hormoneller Untersuchungen haben klare Grenzen.

Weil die Frage des allgemein inakzeptablen Schicksals der männlichen Küken aus ethischen und wirtschaftlichen Erwägungen nach wie vor unbeantwortet ist, wurde Aristoteles Beobachtung durch genaues Vermessen der Eiform, gefolgt vom Aufstellen mathematischer Gleichungen und der makroskopischen Geschlechtsbestimmung von ausgebrüteten Küken überprüft. Außerdem stimmt die Tatsache optimistisch, dass Eier durchaus nicht gleich aussehen. Abbildung 2.1 zeigt eine Röntgenaufnahme von Eiern, die von braunen Legehybriden stammen und eindeutige Unterschiede im Grad der Krümmung am spitzen Ende aufweisen. In diesem Falle enthalten beide abgebildeten Eier einen weiblichen Embryo.



**Abbildung 2.1:** Röntgenbild zweier Bruteier von Elterntieren brauner Legehybriden mit eindeutig unterschiedlicher Form. Beide Eier enthalten weibliche Embryonen.



### **2.2 Eintagsküken: Manuelle und instrumentelle Methoden zur Geschlechtsbestimmung**

Es existieren verschiedene, unterschiedlich praktikable Methoden, um das Geschlecht frisch geschlüpfter Küken zu bestimmen. Diese Methoden schließen das sogenannte Kloaken- und Federsexen, bei dem Farbe und Wachstum bestimmter Federn beurteilt werden, als die am häufigsten verwendeten Methoden ein. Genetische Studien deuten darauf hin, dass es zusätzliche geschlechtsgebundene Gene gibt, die zumindest teilweise mit phänotypischen Merkmalen assoziiert sind (HAYS und SAMBARDO, 1926). Dennoch, diese Merkmale sind leider bisweilen nicht gut ausgeprägt und sind deshalb nur unzuverlässige morphologische Merkmale der Geschlechtsbestimmung (SMYTH, JR., 1990).

#### **2.2.1 Kloaken- (öffnungs-) sexen**

Diese Methode des Sexens von eintägigen Hühnerküken, heute auch als japanische Methode bekannt, wurde zuerst von MASUI und HASHIMOTO (1933) beschrieben. Das Geschlecht wird dabei durch manuelles Ausstülpen und Betrachten des Kloakeninneren bestimmt. Männliche Hühnerküken weisen einen rudimentären Phallus in Form einer kegelförmigen Erhebung an der ventralen Seite der Kloake, direkt unterhalb des Darmausganges auf. Weibliche Küken haben dagegen an derselben Stelle eine halbkugelförmige Struktur. Diese Methode der Geschlechtsbestimmung erfordert große Erfahrung und wird allgemein als Kunst eingestuft. Das Kloakensexen bedeutet einen großen Stress für die Küken (STICHNOTH, JR., 1950), was sich in einer um 0,5 – 1 % höheren Kükensterblichkeit während der ersten Lebensstage ausdrückt (PHELPS et al., 2003). Hinzu kommt, dass eine Kreuzkontamination von Küken zu Küken möglich ist, wenn das Mekonium pathogene Viren oder Bakterien enthält (CARD und NESHEIM, 1966a).

#### **2.2.2 Federsexen bei Küken mit unterschiedlich schneller Befiederung**

Eine weitere Methode der Geschlechtsbestimmung von Eintagsküken ist die Beurteilung der Länge der Flügelfederfahnen im Vergleich zu den Umgebungsfedern. Es ist bekannt, dass es schnell befiedernde (z.B. *Leghorn*) und langsam befiedernde Hühnerküken gibt (BACON et al., 1988; SMYTH, JR., 1990; FLOCK und PREISINGER, 1996). Im Prinzip sind alle leghornartigen Hühnerrassen bzw. Hybriden schnell

befiedernd und die meisten amerikanischen und schweren Hühnerrassen langsam befiedernd (CARD und NESHEIM, 1966b). Das Gen, welches die Geschwindigkeit der Befiederung bestimmt, ist mit dem Geschlechtschromosom verbunden. Das Merkmal langsam befiedernd verhält sich dominant gegenüber schnell befiedernd (CARD und NESHEIM, 1966b). Bei Kreuzungen befiedern sich weibliche Küken somit schnell und männliche langsam. Die Unterschiede in den Federlängen sind am Tag des Schlupfes bereits deutlich zu erkennen (DREBING, 1995; HACKL, 1997).

### **2.2.3 Federsexen an Hand der Farbe der Daunen**

Einige Hybridlinien zeigen am Tag des Schlupfes geschlechtsspezifische Unterschiede in ihrer Daunenfärbung. Kommerzielle, braunschalige Eier legende Hybridlinien sind so gezüchtet und selektiert worden, dass ihre Küken am Tag des Schlupfes anhand der Daunenfarbe nach Geschlechtern mühelos sortiert werden können (CARD und NESHEIM, 1966b; SMYTH, JR., 1990; FLOCK, 1999). Kreuzungen von silberfarbenen Hennen mit goldfarbenen Hähnen führen zu goldfarbenen Hennenküken und silberfarbenen Hahnenküken. Das Gen für die Färbung der Daunen ist also geschlechtsgebunden (MOLYNEUX, 1929/30). Die Geschlechtsunterschiede basieren auf einer Farbsperrung bei weiblichen und einer nicht Sperrung bei männlichen Tieren.

### **2.2.4 Sexen mit Hilfe der Anzahl von Hautschuppen am Fuß**

HAMPL (1992) beschrieb die Form und Anzahl von Hautschuppen auf der Plantarseite der Spitze der dritten Zehe des Fußes von Eintagsküken und bemerkte einen geschlechtsspezifischen Unterschied in deren Anzahl. Männliche Küken haben demnach mehr Hautschuppen als weibliche Küken. Leider wurde diese Beobachtung mit Hilfe von modernen kriminalistischen Analysetechniken, welche in Gebrauch sind, um menschliche Fingerabdrücke zu identifizieren, aufzuzeichnen und zu vergleichen, bei Leghornhybriden und bei den Nachkommen verschiedener Rassehühner nicht bestätigt (WALTERING und WALTERING, 1999, nicht veröffentlicht).

### **2.2.5 Sonografische Untersuchung von Eintagsküken**

Es wurden Versuche unternommen, um die Gonaden von Eintagsküken sonographisch darzustellen (KALETA et al., 1994). Die filigranen, kleinen Strukturen von Hoden und

Eierstöcken sowie die fast nicht vorhandenen Unterschiede in Punkto Dichte und Reflexion des Ultraschalls verhindern die sonographische Darstellung und somit auch das Unterscheiden der Gonaden (KLEIN et al., 2003).

### **2.3 Angebrütete Eier: Genetische und hormonelle Untersuchungen**

Das Entfernen aus den Brutschränken von Eiern mit männlichen Embryonen nach einem Sexen *in ovo* würde das Schlüpfen von unerwünschten männlichen Küken verhindern, sowie Platz und somit auch Energie für den weiteren Brutvorgang sparen. Leider sind zurzeit keine vernünftigen Verwendungsmöglichkeiten für diese männlichen Embryonen absehbar. Trotz dieses Dilemmas wurden verschiedene Methoden der Geschlechtsbestimmung von Embryonen entwickelt und auf ihre Zuverlässigkeit geprüft.

#### **2.3.1 Untersuchung auf Androgene und Östrogene in bebrüteten Eiern**

Die Unterscheidung des Geschlechts von Hühnerembryonen auf der Basis von Sexualhormonen wurde von PHELPS et al. (2003) beschrieben. Bei der Entwicklung des Eidotters am Eierstock der Mutter wird maternales Östrogen an den Eidotter weitergegeben. Dieses Östrogen ist auch im Eidotter des frischen abgelegten Eies enthalten (BENNOWITZ-FREDERICKS et al., 2005; PILZ et al., 2005; VON ENGELHARDT und GROOTHUIS, 2005; EISING et al., 2006). Die Konzentration maternaler Hormone schwindet während der frühen Phase der Embryogenese und wird durch geschlechtsspezifische Hormone des wachsenden Embryos ersetzt. Verpflanzungsexperimente von WILLIER (1926) zeigen, dass morphologisch noch indifferente Gonadenanlagen eines 4 Tage alten Embryos keinen Einfluss auf die Entwicklung der Gonaden eines 7 Tage alten Empfängers haben. So werden die Anlagen des Empfängers nicht durch die des Spenders verändert. Hierdurch zeigt sich, dass das Geschlecht festgelegt ist, bevor dies durch morphologisch sichtbare Strukturen zum Ausdruck kommt. Während der weiteren Bebrütung vom 7. bis zum 14. Tag kommen weibliche bzw. männliche Geschlechtshormone in der Allantoisflüssigkeit vor und können gemessen werden (PHELPS et al., 2003). Es stehen technische Geräte zur Verfügung, um sehr kleine Mengen ( $< 40 \mu\text{l}$ ) Allantoisflüssigkeit aus vielen Bruteiern während der Spätphase der Entwicklung zu entnehmen (PHELPS et al., 2003). Die Ergebnisse von Androgen- und

Östrogenmessungen stehen innerhalb kürzester Zeit zur Verfügung und das Messen mehrerer tausend Eier pro Stunde ist technisch-organisatorisch möglich (PHELPS et al., 2003). Die weitere Embryonalentwicklung und die Brutfähigkeit bleiben von der Entnahme der Allantoisflüssigkeit nahezu unbeeinflusst. Unter Laborbedingungen ist die Entnahme sehr kleiner Mengen von Allantoisflüssigkeit und die sichere Geschlechtsbestimmung anhand des weiblichen Geschlechtshormons Estradiol (der Gehalt von Estradiol liegt bei männlichen Embryonen unter der Nachweisgrenze) schon am 8. Bruttag möglich (BARTELS et al., 2009). Schlupfraten von über 80 % bleiben dabei nur erhalten, wenn 25 µl Allantoisflüssigkeit und weniger entnommen werden. Männliche Embryonen können aus dem Brutvorgang entnommen werden, was Platz und Energie einspart. Dennoch, eine sinnvolle Verwendung für die embryonierten, männlichen Eier gibt es derzeit nicht.

### **2.3.2 Mikroskopische, zellgenetische Analyse des Chromosomensatzes**

HANCE (1926) analysierte Chromosomen von Hühnern und zeigte, dass Männchen ein paariges Geschlechtschromosomen (homozygot, ZZ) besitzen und Weibchen ein Geschlechtschromosomenpaar haben, das aus einem größeren Chromosom und einem kleineren besteht (heterozygot, ZW). Auf dieser Beobachtung basierend erschien eine große Anzahl von Veröffentlichungen, die die Methodik von Hance verwendeten und seine Ergebnisse bestätigten konnten (HOFFMANN, 2005).

Ausgangsmaterialien der Chromosomen-Untersuchung sind entweder periphere Blutleukozyten oder Fibroblasten aus der Pulpa wachsender Federkiele. Diese Zellen werden in bestimmten Gewebekulturmedien vermehrt und ihre Zellteilung mit Hilfe von Colchizin in der Metaphase angehalten. Das Aufplatzen der in ihrer Zellteilung gestoppten Zellen wird mit hypotoner Kochsalzlösung erreicht. Die aufgebrochenen Zellen werden gefärbt und mikroskopisch auf Geschlechtschromosomen untersucht. Das Beurteilen von Chromosomen war bei Vögeln jeglichen Alters eine gängige Praxis der Geschlechtsbestimmung, bevor die Polymerase Chain Reaction (HOFFMANN, 2005) und die Endoskopie zur Geschlechtsbestimmung (RÜHLE, 2006) etabliert wurden. Erfolgreiches Sexen ist unwahrscheinlich, wenn Abweichungen im Chromosomensatz auftreten (SAEFUDIN et al., 2005). Das zellgenetische Sexen verlangt frisch gewonnenes

Zellmaterial ohne bakterielle oder pilzbedingte Verunreinigungen und ist auf etablierte Zellkulturtechniken angewiesen; es ist zeitaufwendig und teuer.

Diese Methode kann allerdings bei allen Vögeln, unabhängig von deren Größe und Alter angewendet werden, die Gewinnung von Blutproben von Embryonen gestaltet sich allerdings schwierig. Dies sowie die Tatsache, der fehlenden vernünftigen Verwendung der ausselektierten, embryonierten Eier machen dieses Verfahren im Bereich des Sexens uninteressant.

### **2.3.3 Embryonale Herzfrequenz**

Die Herzfrequenz erwachsener Hühner, aber auch von Hühnerembryonen unterscheidet sich in gewissem Maße (STROMBERG, 1977, zitiert von GLAHN et al., 1987). Vor Tag 15 des Brutvorganges verhindern embryonale Bewegungen das genaue Auszählen der Herzfrequenz. Aufzeichnungen des Herzschlages zwischen Tag 15 und Tag 20 zeigen, dass, wie bei erwachsenen Hühnern, Weibchen eine etwas schnellere Herzfrequenz haben als Männchen. Erhöht man die Bruttemperatur (auf 39,4 °C für 15 bis 45 Minuten) so steigt die Herzfrequenz beider Geschlechter an, aber die gemessenen Unterschiede sind dennoch nicht signifikant (GLAHN et al., 1987). Werden 16 Tage alte Embryonen hohen Temperaturen ausgesetzt (43,3 °C für 9 Stunden) sinkt die Schlupfrate signifikant (THOMPSON et al., 1976).

Niedrige Bruttemperaturen (26,1 °C für 30 bis 120 Minuten) reduzieren die Herzfrequenz. Aufgrund großer Übereinstimmungen der gemessenen Herzfrequenzen von Männchen und Weibchen schlossen GLAHN et al. (1987) aus ihren Studien, dass die Geschlechtsbestimmung von Hühnerembryonen anhand ihrer Herzfrequenz nicht praktikabel ist.

### **2.3.4 Verwendung verschiedener Bruttemperaturen**

Bei einigen Reptilienarten hat die Bruttemperatur Auswirkungen auf das Verhältnis zwischen männlichen und weiblichen Nachkommen, wie BOOTH (2006) bestätigte. Eine große Zahl von Studien zeigt eindeutig, dass eine geringgradig erhöhte Bruttemperatur bei Vogeleiern (> 38 °C) eine deutlich gesteigerte Rate von Missbildungen an Kopf, Extremitäten und inneren Organen zur Folge hat. Eine weitere Erhöhung der Temperatur (> 39 °C) führt zum Absterben der Embryonen (HUTT, 1927/28).

Temperaturen unterhalb der Norm führen zu verlängerten Brutzeiten ohne sichtbare Veränderungen an den Küken (ROMANOFF, 1960). Im Gegensatz zu Reptilien, können Temperaturveränderungen während des Brutvorgangs bei See- und Landvögeln, einschließlich der Hühner, nicht genutzt werden, um eine Veränderung im Geschlechterverhältnis herbeizuführen.

Überraschenderweise existiert im australischen Raum eine Familie der Hühnervögel, die Großfußhühner (*Megapodiidae*), die ihre Eier nicht auf normale Weise selbst ausbrüten sondern sie in der Erde oder in Bruthügeln vergraben. Unter ihnen das Buschhuhn, englisch *brush turkey* (*Alectura lathami*), das seine Eier in einem Haufen verrottender Pflanzenreste ausbrüten lässt, wobei der Verrottungsprozess für die Wärmebildung sorgt. Bei diesem Vogel verändert sich das Verhältnis der Geschlechter zu Gunsten der Männchen, wenn die Bruttemperaturen niedrig sind und zu Gunsten der Weibchen wenn sie eher hoch sind (GOTH und BOOTH, 2005).

### **2.3.5 Einsatz von Röntgenstrahlen zur Erzeugung weiblicher Küken**

COLLIGNON (1928) zitiert eine Studie, die von P. R. Hadley in der U.S. New Jersey Experiment Station durchgeführt wurde, über die Auswirkungen von Röntgenstrahlen auf bebrütete Eier. Längere Bestrahlung von Eiern während der Bebrütung führte danach in 100 % der Fälle zu weiblichen Küken, diese würden sich nach dem Schlupf sogar noch besser entwickeln als Küken, die ohne Bestrahlung bebrütet wurden. Bestätigungen dieser Ergebnisse konnten in zugänglicher, in jüngster Zeit veröffentlichter Literatur nicht gefunden werden.

### **2.3.6 Geschlechtsumwandlung durch Hormonbehandlung der Eier**

SELZER behauptete in einer US Patentschrift aus dem Jahr 1956, man könne das Geschlecht von Hühnerküken beeinflussen, indem man die Eier vor Brutbeginn in hormonhaltige Lösungen taucht. Eine Überprüfung dieser Aussage von van TIENHOVEN (1957) ergab, dass sich die Gonaden von Küken durchaus verändern, wenn man das Verfahren von Selzer anwendet. Allerdings konnte auf diese Weise kein einziges genetisch männliches Tier erzeugt werden, das funktionierende Ovarien besaß oder gar Eier legte. Und auch die Geschlechtsorgane der mit Hormonlösung behandelten genetisch weiblichen Tiere wiesen deutlich schlechtere Legeleistungen auf.

Das hing mit Missbildungen des normalerweise nicht entwickelten rechten Ovars und der Oviducte zusammen.

### **2.4 Frische, unbebrütete Eier: Molekulare und morphologische Untersuchungen**

Frisch gelegte, befruchtete Eier enthalten zum Zeitpunkt der Ablage bereits zwischen 40.000 und 60.000 (ELLENDORFF und KLEIN, 2003) und laut NANDI et al. (2003) 32.000 bis 42.000 Zellen, die sich im blastodermalen Stadium der Embryogenese befinden (GOLDSMITH, 1928) und sich weiter teilen, wenn das Ei entsprechenden Temperaturen ausgesetzt wird. Die ideale Bruttemperatur beträgt bei Hühnereiern 37,5 °C (BROWN, 1979). Auch in nicht befruchteten Eiern schreitet die Zellteilung in geringem Maße voran, wenn man sie bebrütet (KLEIN und GROSSMANN, 2008).

Bringt man ein Ei in eine waagerechte Position und dringt mit einer Sonde von oben durch die Schale in das Innere ein, ist das Blastoderm durch das Eiweiß hindurch auf der Oberseite des Dotters sichtbar (GERLACH, 1882). Modernere Verfahren lokalisieren das Blastoderm mit Hilfe von 3D-Röntgen-Mikrocomputertomographie (3D-CT) beim ungeöffneten Ei und mit Hilfe von Optischer Kohärenztomographie (OCT) beim geöffneten Ei sehr exakt (BARTELS et al., 2008).

Es wurden verschiedene Versuche unternommen, um die Geschlechtschromosomen aus Blastodermzellen von befruchteten, aber noch nicht bebrüteten Eiern zu analysieren. Diese Methoden sollen im Folgenden kurz angesprochen werden.

#### **2.4.1 Auf der Polymerase Chain-Reaction (PCR) basierende Verfahren**

Ungefähr 400 Zellen werden mittels Biopsie aus der Peripherie der Blastodermis entnommen. Zelluläre DNA wird aus dem gewonnenen Material isoliert und das Geschlechtsgen auf dem W Chromosom mit Hilfe einer Polymerase Chain-Reaction vermehrt und einer Restriktionsfragmentlängenpolymorphismusanalyse mit dem Restriktionsenzym *Xho1* unterzogen. Das Produkt wird im Agarosegel aufgetrennt und mit dem interkalierenden Kontrastmittel Ethidiumbromid sichtbar gemacht (KLEIN et al., 2003). Weibliche Zellen enthalten die ZW-Chromosomenkombination. Das führt dazu, dass sie eine sichtbare Bande erzeugen, die bei den männlichen Anlagen nicht vorhanden ist. Da bei Vögeln die Eizelle entweder das W- oder das Z-Chromosom

enthält, kann auch bei unbefruchteten Eiern das Geschlecht bestimmt werden (KLEIN und GROSSMANN, 2008).

Dieses Verfahren erscheint zeitraubend und aufwendig und erfordert eine teure Ausrüstung. Das Überleben der bioptierten Embryonen ist allerdings kaum beeinträchtigt, und die Schlupfrate so behandelter Eier nur minimal reduziert.

### **2.4.2 Raman-Spektroskopie**

Ein sehr aktuelles Verfahren der Geschlechtsbestimmung von Geflügelzellen ist die Raman-Spektroskopie (nach dem indischen Physiker Chandrasekhara Venkata Raman benannt), dabei wird ein Laser auf die Zellen gelenkt und das zurückstrahlende Licht gemessen. Männliche und weibliche Zellen erzeugen aufgrund des unterschiedlichen DNA-Gehaltes unterschiedliche Lichtintensitäten (HARZ et al., 2008).

### **2.4.3 Fourier-Transform-Infrarot-Spektroskopie (FTIR)**

Die Fourier-Transform-Infrarot-Spektroskopie (FTIR) ist eine weitere Methode die Strukturen von Molekülen analysieren kann. Sie arbeitet ebenfalls mit Licht, in diesem Falle mit Infrarotlicht und beruht auf der selektiven Absorption von bestimmten Wellenlängen. So erzeugt jedes Molekül ein charakteristisches Bild von absorbierten Wellenlängen. Verschiedene Moleküle können auf diese Weise unterschieden werden (BARTELS et al., 2009). Auch diese Methode ist geeignet, Geschlechtsdifferenzierung von Zellen durchzuführen (STEINER et al., 2009).

Mit speziellen Sonden wird versucht, die Raman-Spektroskopie sowie die Fourier-Transform-Infrarot-Spektroskopie direkt im Brutei anzuwenden (BARTELS et al., 2009).

### **2.4.4 Flusszytometrie zellulärer DNA aus peripheren Blastodermzellen**

Diese Methode nutzt den Unterschied im DNA-Gehalt zwischen Z und W Geschlechtschromosomen. Das männliche ZZ-Chromosomenpaar ist ungefähr 2 % größer als das weibliche ZW Chromosomenpaar (MIRSKI und RIS, 1951). Die zelluläre DNA wird *in situ* mit Fluorochrom propidium Jodid gefärbt und die Nukleinsäure anschließend flusszytometrisch gemessen (TIERSCH, 2003). Diese Methode ist sehr genau und fortschrittlich. Sie kann viele Eier in kurzer Zeit untersuchen, doch die



erforderlichen Gerätschaften sind teuer. Die weitere embryonale Entwicklung und die Schlupfraten sind mit denen nicht bioptierter Bruteier vergleichbar.

### 2.4.5 Eiform

Es sind bisher keine neueren Daten verfügbar, die einen Zusammenhang zwischen morphologischer Struktur des Eies und Geschlecht der Gonaden im Inneren herstellen würden. Dennoch kam bei der Untersuchung des Formindex von 289 Bruteiern von Kanadagänsen (*Branta canadensis*) der Verdacht auf, es gäbe einen Zusammenhang zwischen Formindex und Geschlecht des Embryos (BÖNNER et al., 2004).

### 2.5 Möglichkeiten die Eiform darzustellen

Das „normale“ Hühnerei hat eine ovale Form und stellt in seinen Umrissen eine Vierscheitelkurve dar (HORTSCH, 1990). Da das Ei rotationssymmetrisch ist, kann es für die Untersuchung und den Vergleich seiner Form auf 2 Dimensionen, also seinen longitudinalen Lichtschatten, beziehungsweise Röntgenshatten reduziert werden. So wird aus dem eigentlichen Ei, einem dreidimensionalen Körper, dem so genannten Eikörper, zunächst sein Schatten, die Eifigur oder Ovoid genannt und dann die Eilinie, also seine äußerste, das gesamte Ei umfassende Form. Diese Vorgehensweise ist vergleichbar mit einer Kugel, die erst auf ihre maximale Kreisfläche reduziert wird und dann auf den eigentlichen Kreis (KÖLLER, 2000).

Will man verschiedene Eier miteinander vergleichen und dies nicht nur mit deskriptiven Worten tun, so muss man das Ei mit bestimmten mathematischen Formeln beschreiben und seine Form mit Zahlen ausdrücken. Messwert der Länge und der maximalen Breite, beziehungsweise des maximalen Querdurchmessers stellen dabei wohl die einfachste Art dar, Zahlenwerte von Eiern zu vergleichen. Der Formindex und verschiedene mathematische Funktionen beschreiben die Form der Eilinien detaillierter.

#### 2.5.1 Formindex

Eine der einfachsten Arten zur Beschreibung der äußeren Form eines Vogeleies ist der Formindex (GROSSFELD, 1938). Der Formindex wird berechnet, indem man die Weite des Eies durch die Länge teilt und mit 100 multipliziert (GROEBBELS, 1937; GRASHORN, 1987). Komplett kugelförmige Eier haben einen Formindex von 100 und eher längliche

Eier nehmen einen Formindex von 50 bis 80 an. Der durchschnittliche Formindex von Hühnereiern liegt ungefähr bei 74 (GRASHORN, 1987). Dieser Index kann von Rasse zu Rasse und mit zunehmendem Alter der Hühner variieren. Zudem unterscheidet er sich auch zwischen Spezies, Subspezies und Rassen frei lebender Vögel (SZIELASKO, 1905; GROEBBELS, 1937).

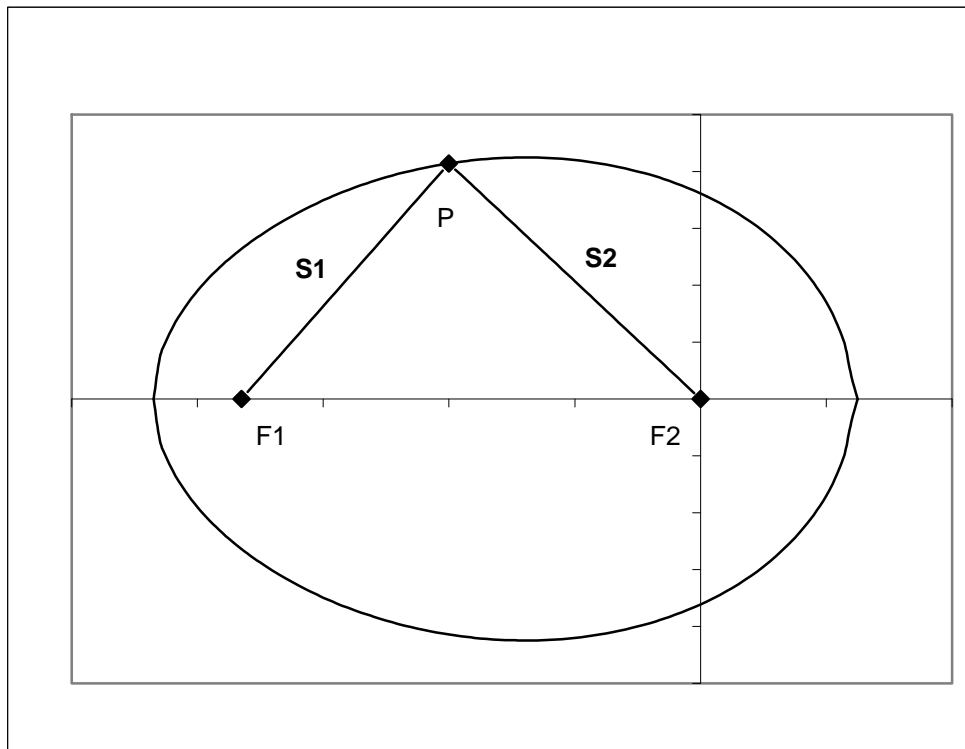
### 2.5.2 Kartesisches Oval

SZIELASKO (1902) beschäftigte sich Anfang des vergangenen Jahrhunderts mit der Frage, ob man Vogelspezies anhand der Gestalt ihrer Eier sicher voneinander unterscheiden könne. Wie er 1902 veröffentlichte, lässt sich die Gestalt von Vogeleiern mit Hilfe einer mathematischen Formel beschreiben, mit der René Descartes (latinisiert Renatus Cartesius) schon im 17. Jahrhundert gearbeitet hatte und deren Graph nach ihm benannt worden ist, das so genannte kartesische Oval.

Das kartesische Oval entsteht, wenn die Summe aus der Entfernung ( $S_1$ ) der Punkte P von einem Fixpunkt ( $F_1$ ) und der mit einem Faktor ( $m$ ) multiplizierten Entfernung ( $S_2$ ) von einem zweiten Fixpunkt ( $F_2$ ) konstant ( $C$ ) ist:

$$S_1 + mS_2 = C$$

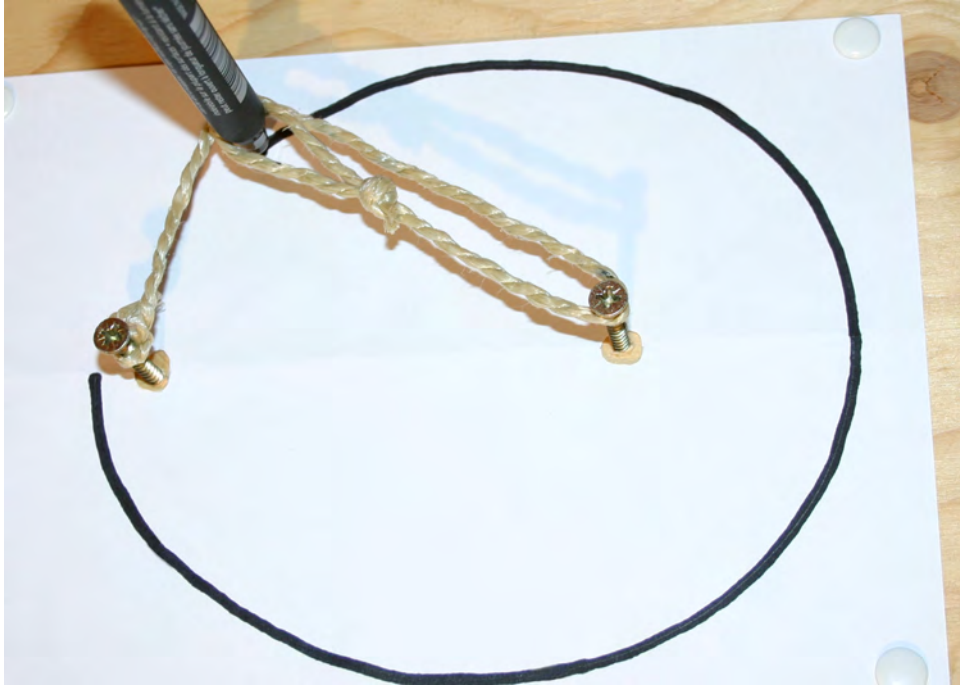
Alle Punkte P gemeinsam beschreiben dabei die Eilinie. Auf Abbildung 2.2 ist ein Punkt P dargestellt. Für jeden anderen Punkt P auf der Eilinie gelten aber die gleichen Bedingungen: Die Summe des Abstandes zum einen Fix- oder Brennpunkt plus dem mit  $m$  multiplizierten Abstand vom anderen Fix- oder Brennpunkt bleibt gleich groß.



**Abbildung 2.2:** Kartesisches Oval mit den Punkten  $F_1$ ,  $F_2$  und einem  $P$  sowie den radii vectores  $S_1$  und  $S_2$ . Die dazugehörige Gleichung lautet:  $S_1 + m \cdot S_2 = C$ .

Sehr anschaulich wird dieser Zusammenhang durch eine Fadenkonstruktion (Abbildung 2.3), die auch Descartes verwendete. Zwei Nägel werden in ein Brett gesteckt, sie entsprechen den Fixpunkten  $F_1$  und  $F_2$ . Ein Ende einer Schnur wird am Nagel  $F_1$  befestigt und das andere Ende an einem Stift. Nun wird die Schnur um  $F_2$  herumgeführt und mit dem Stift noch einmal aufgenommen und nach der Peripherie gespannt. Nun befindet sich der Stift an einem Punkt  $P$ ,  $S_1$  wird von einem Abschnitt der Schnur gebildet und  $S_2$  von zwei Abschnitten der Schnur.  $S_2$  verbraucht also von der Schnur immer seinen doppelten Abstand zu seinem Fixpunkt, während  $S_1$  nur seinen einfachen Abstand an Schnur verbraucht. Da die Gesamtlänge der Schnur stets gleich bleibt, gilt für die Formel:  $S_1 + 2 \cdot S_2 = \text{konstant (C)}$ .  $C$  entspricht also der Länge der Schnur und die Konstante  $m$  ist gleich 2.

Führt man nun also den Stift in seiner Position in der Schnur um die beiden Fixpunkte herum, entsteht die Eilinie sozusagen als Aneinanderreihung von Punkten  $P$ .



**Abbildung 2.3:** Fadenkonstruktion nach Descartes. Ein Faden ist so an einem Stift und an zwei Schrauben befestigt, dass beim Führen des Stiftes in seiner Position im Faden eine Eillinie entsteht.

Unterschiedliche Eilinen lassen sich auf diese Weise zeichnen, wenn man die Länge der Schnur verändert, also  $C$  verändert oder wenn man den Abstand der beiden Fixpunkte verändert. Dieser Abstand heißt Excentric und wird mit  $e$  bezeichnet.

Wenn man dieses Kartesische Oval im Kartesischen Koordinatensystem darstellen möchte, müssen die Koordinaten  $x$  und  $y$  in die Formel mit einfließen. Die Formel lautet dann:

$$\sqrt{x^2 + y^2} + m \cdot \sqrt{(e - x)^2 + y^2} = C \quad (\text{SZIELASKO, 1902})$$

Unterschiedliche Eilinen lassen sich mit Hilfe dieser Formel konstruieren, indem, wie schon bei der Fadenkonstruktion, die Konstante  $C$  und die Excentric  $e$  verändert werden. Die Formel lässt zusätzlich die Möglichkeit zu, den Faktor  $m$  beliebig zu wählen.  $m$  ist bei der oben gezeigten Art der Fadenführung immer zwei.

Um die Formeln verschiedener Eier zu vergleichen, können also  $C$ ,  $e$  und  $m$  herangezogen werden.

### 2.5.3 Ellipsenfunktion - Deformationsfunktion

Eine weitere Möglichkeit, die Form eines Eies mathematisch auszudrücken, ist, sie mit Hilfe von Polynomfunktionen  $f(x)$  darzustellen. Polynomfunktionen haben den Vorteil, dass man mit ihrer Hilfe Rechenoperationen durchführen, ganze Funktionen also beispielsweise addieren oder subtrahieren kann. So kann man von einer einfachen Grundfunktion ausgehen, in diesem Falle der Ellipse, und diese dann per Addition einer Deformationsfunktion auf die Eilinie anpassen (ROTH, 2003). So ist dann:

$$egg(x) = Ellipse(x) + Deformation(x) \qquad egg(x) = e(x) + d(x) ,$$

wobei die Deformationsfunktion berechnet wird, indem bestimmte Messwerte des Eies von den entsprechenden berechneten Werten der Ellipse subtrahiert werden und aus den Differenzen eine Ausgleichsfunktion berechnet wird (ROTH, 2003).

### 2.6 Lage der Embryonen im Ei

In den letzten Tagen vor dem Schlupf liegt das Küken physiologischer Weise mit dem Kopf im Bereich der Luftkammer. Die Schnabelspitze hat die Membranen der Luftkammer bereits durchbrochen. Der Hinterkopf einschließlich der Augen liegt unter dem rechten Flügel. Beide Beine sind gebeugt. Der distale Teil des Rückens liegt im Bereich des spitzen Eipols (Brown, 1979).

BROWN beschreibt des Weiteren sieben Fehllagen, die unterschiedlich „pathogen“ und häufig sind. Nach der Häufigkeit ihres Auftretens sind dies:

- Fehllage 1: Der Kopf liegt zwischen den Beinen.
- Fehllage 2: Das Küken liegt mit dem Kopf zum spitzen Pol des Eies.
- Fehllage 3: Das Küken liegt seitenverkehrt. Der Kopf befindet sich unter dem linken Flügel.
- Fehllage 4: Der Körper dreht sich längs der Längsachse des Eies, so dass die Schnabelspitze irgendwo in der Nähe der Luftkammer zu liegen kommt.
- Fehllage 5: Das Küken liegt mit den Füßen über dem Kopf.
- Fehllage 6: Der Kopf des Kükens liegt auf dem Flügel.
- Fehllage 7: Das Küken liegt quer zum Ei.

Während Brown die Fehllagen 3, 4, 5 und 7 für sehr tödliche Fehllagen hält, gibt er an, dass 50% der Küken, die sich in Fehllage 2 befinden, also mit dem Kopf zum falschen Pol hin liegen, schlüpfen würden. Fehllage 1 sei nicht die eigentliche Todesursache und Fehllage 6 eine natürliche Variation der Normallage.

### **2.7 Folgerungen aus veröffentlichten Daten zur Geschlechtsbestimmung**

Zur Zeit werden manuelle und instrumentengestützte Methoden der Geschlechtsbestimmung von Eintagsküken im gesamten Geflügelbereich am häufigsten eingesetzt (GRASHORN, 1987; REDMANN et al., 2005). Die gegenwärtig verfügbaren Methoden, das Ausbrüten von unerwünschten männlichen Legehennenküken zu umgehen, sind ziemlich theoretisch, teuer und zeitaufwändig (ELLENDORFF und KLEIN, 2003). So fand bisher keine der beschriebenen Methoden der Geschlechtsbestimmung an frischen, unbebrüteten Eiern den Weg in die praktische, groß angelegte Anwendung in der industriellen Geflügelproduktion. Hinzu kommt, dass die bei manchen Methoden anfallenden 7 bis 14 Tage alten Embryonen bisher nicht sinnvoll genutzt werden können und dies somit weiterhin bei einem großen Teil der gemeinwohlorientierten denkenden und fühlenden menschlichen Gesellschaft Bedenken hervorruft. Deshalb muss sich die weitere Forschung darauf konzentrieren, neue Ideen zu entwickeln, beschriebene Alternativen zu überprüfen und Experimente durchzuführen, um das fortbestehende Problem des Tötens männlicher Eintagsküken zu lösen. Gegenwärtig erfüllt keine der oben beschriebenen Methoden der Geschlechtsbestimmung an unbebrüteten befruchteten Bruteiern alle Kriterien. Die gegenwärtig angewendeten Methoden können erst abgelöst werden, wenn bessere Alternativen zur Verfügung stehen (PREISINGER und KÜHNE, 1999; PREISINGER, 2003). Folglich müssen weiterhin Anstrengungen unternommen werden, um das Töten von gesunden, männlichen Eintagsküken zu verhindern.

### 2.8 Ideale Kriterien der Geschlechtsbestimmung *in ovo*

Eine angestrebte ideale Methode der Geschlechtsbestimmung im Brutei sollte wenigstens einige der folgenden Kriterien erfüllen:

- (I) die Methode muss vor dem Ausbrüten der Eier angewendet werden können,
- (II) die Methode soll die Qualität der Eierschale und des Inneren der Eier nicht beeinflussen,
- (III) die Eier mit männlichen Anlagen müssen für andere sinnvolle Zwecke genutzt werden können,
- (IV) die angewendete Methode darf keine negativen Auswirkungen auf die embryonale Entwicklung haben,
- (V) die Schlupfrate muss unverändert bleiben,
- (VI) die notwendige technische Ausrüstung muss verfügbar und wirtschaftlich erschwinglich sein,
- (VII) die Methode muss auch bei großen Mengen von Eiern anwendbar sein,
- (VIII) die Sortierung nach Geschlechtern muss innerhalb kurzer Zeit möglich sein,
- (IX) die postembryonale phänotypische Entwicklung und die Verhaltensentwicklung der Küken müssen unverändert bleiben und
- (X) die Methode muss von einem humanitären moralischen Gesichtspunkt aus akzeptabel sein.

### 2.9 Hypothesen

Mit der festen Überzeugung im Sinn, dass ein genialer Beobachter wie Aristoteles sich nicht dazu hinreißen ließe, Fakten aufzuschreiben, die nicht der Realität entsprächen, kommt man zu folgendem Schluss:

Bei Hühnern besteht (eventuell bestand zu Aristoteles Lebzeiten) eine Relation zwischen der äußeren Form von Hühnereiern und dem Geschlecht des zu erwartenden Kükens.

Diese Relation lässt sich nachweisen, indem man folgende Hypothesen überprüft:

1. Eier, in denen sich weibliche Anlagen befinden, sind im Mittel länger als solche, in denen sich männliche Anlagen befinden.
2. Eier, in denen sich weibliche Anlagen befinden, sind in ihrer Erscheinung schlanker, also ist ihr maximaler Querdurchmesser im Durchschnitt geringer als der von Eiern mit männlichen Anlagen.
3. Daraus folgt, dass der Formindex von Eiern, die weibliche Anlagen enthalten, einen kleineren Wert annimmt als der von Eiern mit männlichen Anlagen.
4. Ermittelt man Funktionen, beispielsweise die des Kartesischen Ovals, so können Unterschiede der Wert der für den Verlauf der Kurve verantwortlichen Konstanten ( $C$ ,  $e$ ,  $m$ ) ermittelt werden.
5. Ermittelt man Polynomfunktionen, wie sie zum Beispiel ROTH (2003) in seiner Diplomarbeit beschreibt, mit Hilfe von statistisch interessanten Parametern, für Eier mit weiblichen Anlagen getrennt von denen mit männlichen Anlagen, so kann man den unterschiedlichen Verlauf der jeweiligen weiblichen Kurven von dem der entsprechenden männlichen Kurve mit Hilfe einer Kurvendiskussion nachweisen.

Diese Hypothesen gilt es im Folgenden zu bestätigen oder zu widerlegen.



### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Material

##### 3.1.1 Braun- und weißschalige Bruteier aus kommerziellen Elterntierherden des Legetyps

Die verwendeten 786 Eier wurden von der Firma Lohmann Tierzucht GmbH, Am Seedeich 9-11, 27472 Cuxhaven, zur Verfügung gestellt. Eine Übersicht zu den Herkünften, der Zahl und dem Anteil der für diese Studie auswertbaren Eier vermittelt die Tabelle 3.1.

**Tabelle 3.1:** Herkunft, Zahl und Eigenschaften der Bruteier von Elterntierherden des Legehybriden

<b>Bezeichnung, Herkunft und Schalenfarbe</b>	<b>Zahl bebrüteter Eier</b>			<b>Untersuchte Eier / Embryonen (%)</b>
	Gesamt	Verwendet	Unbefruchtet, abgestorben oder nicht auswertbar	
1. LB, Lohmann Brown Classic, braunschalig	250	228	22	228 (91,2)
2. LSL 1, Lohmann LSL Classic, weißschalig	259	230	29	230 (88,8)
3. LSL 2, Lohmann LSL Classic, weißschalig	277	269	8	269 (97,1)
<b>Summen</b>	<b>786</b>	<b>727</b>	<b>59</b>	<b>727 (92,5)</b>

Es handelt sich einerseits um zwei Gruppen von Bruteiern kommerzieller Elterntierherden, 250 Bruteier der Herkunft Lohmann Brown Classic (LB) und 259 Bruteier der Herkunft Lohmann Selected Leghorn Classic (LSL 1), die frisch, also noch unbebrütete aus den Stallungen der Elterntiere in Dieburg nach Giessen transportiert wurden. Ihre Form wurde mit Hilfe von selbst konstruierten Vermessungsgeräten festgehalten. Diese Eier wurden 19 Tage bebrütet, die Embryonen wurden im Gefrierschrank abgetötet. Die äußere Form der Eier wurde bei waagerechter Lage im Längsschnitt auf Röntgenfilmen dokumentiert. Nach der Eröffnung der Eischalen wurde

die jeweilige Lage der Embryonen im Ei bestimmt, danach wurden die Embryonen entnommen, deren Leibeshöhle eröffnet und makroskopisch das Geschlecht bestimmt.

Andererseits handelt es sich um 277 Bruteier aus kommerziellen Elterntierherden der Herkunft Lohmann Selected Leghorn Classic (LSL 2), die in der LSL Rhein-Main Brüterei Schaafheim, An der Ziegelei 10, 64850 Schaafheim bis zum erwarteten Schlupf bebrütet wurden. Nach Ende des Schlupfs wurden diese Eier mit nicht geschlüpften Küken von der Brüterei in Schaafheim nach Gießen zur Untersuchung transportiert. Die Form dieser Eier wurde bei waagerechter Lage auf Röntgenfilmen festgehalten; sie wurden geöffnet, die Lage der Küken im Ei und anschließend das Geschlecht nach Eröffnung der Leibeshöhle makroskopisch bestimmt. Anschließend wurden die Abbildungen der Eier auf den Röntgenfilmen vermessen. Dabei konnten aufgrund von Abbildungsfehlern die Maße von 8 Eiern nicht vollständig ermittelt werden. Diese Eier gingen somit nicht in diese Studie ein.

Die Eier der genannten drei Herkünfte wurden nach ihrer Herkunft und Schalenfarbe getrennt nummeriert. Somit standen drei Gruppen von Eiern (Tabelle 3.1) mit folgenden Bezeichnungen zur Verfügung:

**1. LB:** Diese 250 braunschaligen Eier stammen von Elterntieren der Legehybriden Lohmann Brown Classic, die im Juni 2007 in Elterntierfarmen in der Nähe von Dieburg gelegt wurden. Eingelegt wurden 250 Bruteier, von denen 228 (91,2 %) in die Studie eingingen ( $n = 228$ ). Die restlichen 22 Eier waren entweder unbefruchtet, oder die Embryonen starben während des Brutvorganges vorzeitig ab.

**2. LSL 1:** Diese 259 weißschaligen Eier stammen von Elterntieren der Legehybriden Lohmann Selected Leghorn Classic, die im Juni 2007 in Elterntierfarmen in der Nähe von Dieburg gelegt wurden. Eingelegt wurden 259 Bruteier, von denen 230 (88,8 %) für die Studie verwendet werden konnten. Die restlichen 29 Eier waren entweder unbefruchtet, oder die Embryonen starben während des Brutvorganges vorzeitig ab. Somit ist ( $n = 230$ ).

**3. LSL 2:** Diese 277 weißschaligen Eier stammen von Elterntieren der Legehybriden Lohmann Selected Leghorn Classic. Es handelt sich um Eier aus der Brüterei in Schaafheim, welche am erwarteten Schlupftag (22.06.2006) nicht geschlüpfte Küken enthielten. Von den ursprünglich 277 Eiern dieser Herkunft konnten 269 für diese

Studie ausgewertet werden. Die anderen 8 Eier waren auf den Röntgenfilmen unzureichend gut abgebildet worden.

#### 3.1.2 Bruteier von Hühnern verschiedener Hybriden und Rassen

Diese Eier von verschiedenen Hybriden des Legetyps und verschiedenen Hühnerrassen stammen von Legehennen, die beim Geflügelhof Südbrock, Kunstmühle, 35625 Hüttenberg, käuflich erworben wurden. Tabelle 3.2 liefert eine Übersicht über diese Hennen. In der Tabelle sind alle neun Hennen einzeln aufgeführt. Links steht jeweils die Bezeichnung, unter der die Daten der Eier dieser Hennen gesammelt und dargestellt wurden. In der zweiten Spalte steht der Name der Rasse, beziehungsweise des Hybridtyps, unter dem die Tiere gehandelt werden. In der dritten Spalte steht die Schalenfarbe der Eier, die von der Henne gelegt wurden und in der vierten Spalte steht die Anzahl der Eier, die im Laufe von mehreren Wochen untersucht wurden.

**Tabelle 3.2:** Herkunft, Zahl und Schalenfarbe der Bruteier verschiedener Hybriden und Rassen

<b>Bezeichnung/Name der Henne</b>	<b>Hybride/Rasse bzw. Handelsbezeichnung</b>	<b>Schalenfarbe der Eier</b>	<b>Zahl untersuchter Eier/Embryonen</b>
Tetra	Legehybrid Tetra	braun	51
Grünleger	Grünleger <sup>®</sup> –Hybrid	grün	65
Italiener	Legehybrid Italiener	creme	29
Welsumer Zwerg	Welsumer Zwerg	braun	49
Maran 1	Maran + <sup>®</sup>	dunkelbraun	71
Maran 2	Maran + <sup>®</sup>	dunkelbraun	49
Maran 3	Maran + <sup>®</sup>	dunkelbraun	58
Shaver 1	Legehybrid Shaver	weiß	72
Shaver 2	Legehybrid Shaver	weiß	52
<b>Summe</b>			<b>496</b>

Alle in Tabelle 3.2 genannten Hybrid- und Rassehühner wurden in Bodenhaltung mit Auslauf in einer Außenvoliere gehalten. Hennen, die Eier mit nicht unterscheidbarer Schalenfarbe legten, wurden zeitlich nacheinander in diesem Stall mit Außenvoliere gehalten. Für die Befruchtung der Hennen sorgte in der ersten Zeit, von Oktober 2006 bis Juni 2007, ein Hahn der Legehybriden Lohmann Braun, nach dessen Verenden an

### 3 Material und Methoden

den Folgen einer Pneumonie wurde von Juli 2007 bis Dezember 2007 ein Kreuzungshahn eingesetzt, der sowohl von Italienern als auch von braunen Legehennen abstammte.

Die Eier wurden jeweils täglich gesammelt und einmal wöchentlich in den Brutschrank eingelegt. Nach 19tägiger Bebrütung wurden die Embryonen durch Abkühlen getötet, die Eier vermessen und die Lage des Kükens im Ei sowie das Geschlecht der Embryonen während einer Sektion bestimmt.

Alle von jedem einzelnen Huhn gelegten Eier wurden nummeriert. Abbildung 3.1 zeigt exemplarisch nach Henne getrennte und nummerierte Bruteier, die zur Vermessung bereitstehen. Im Vordergrund stehen Eier der Hybridhenne Shaver 1, in der zweiten Reihe Eier einer Henne der Hühnerrasse Italiener, in der dritten Reihe Eier der Henne Maran 1, in der vorletzten Reihe Eier der Henne Welsumer Zwerg und in der letzten Reihe Eier der Henne Grünleger.



**Abbildung 3.1:** Sortierte und nummerierte Bruteier der Hennen: von vorn nach hinten: Shaver 1, Italiener, Maran 1, Welsumer Zwerg, Grünleger. Die Eier stehen zum vermessen bereit.

Somit standen insgesamt neun Gruppen von Eiern zur Verfügung. Die Eier einer Gruppe wurden dabei jeweils von einer Henne gelegt:

**1. Tetra:** Es wurden 51 Eier dieser Henne untersucht. Es handelt sich um eine braun befiederte Henne der Hybridlinie „Tetra“. Die Farbe der Schalen ihrer Eier ist braun. Da bei dieser und den anderen Hennen verschiedener Hybriden und Rassen das Vermessen der Eier erst nach dem erfolgreichen Brutvorgang und dem Abtöten der Küken erfolgt ist, wurden keine Informationen über unbefruchtete Eier oder während des Brutvorganges abgestorbene Embryonen gesammelt.

**2. Grünleger:** Es handelt sich um 65 Eier einer Henne die als Grünleger<sup>®</sup> –Hybrid auf dem Geflügelmarkt angeboten wird. Diese Henne ist von schlanker Gestalt und hell braun befiedert. Die Eier sind von grünlicher Schalenfarbe.

**3. Italiener:** Insgesamt wurden 29 Eier dieser Henne, analysiert. Es handelt sich um eine silberhalsige Henne, die unter der Bezeichnung Italiener Silberhalsig gehandelt wird. Die Eier sind cremefarben.

**4. Welsumer Zwerg:** Von dieser Henne der Rasse Welsumer Zwerg wurden insgesamt 49 Eier analysiert. Bei der Henne handelt es sich um ein kleines Tier von dunkelbrauner Gefiederfarbe. Die Eier dieser Henne sind augenscheinlich etwas kleiner als die Eier der anderen Hennen und von brauner Schalenfarbe.

**5. Maran 1:** Die Henne Maran 1 war die erste Henne dieser Rasse, die Eier für diese Studie geliefert hat. Ihr Gefieder ist gesperbert, und sie legt Eier von dunkelbrauner Schalenfarbe. Auf dem Geflügelmarkt werden die Tiere unter der Bezeichnung Maran+<sup>®</sup> angeboten. Von ihr wurden 71 Eier analysiert.

**6. Maran 2:** Diese Henne wurde zeitlich nach der Henne Maran 1 gehalten, die Eier der beiden Hennen lassen sich mit bloßem Auge nicht eindeutig voneinander unterscheiden, auch die Eier der Henne Maran 2 sind von dunkelbrauner Schalenfarbe. Das Gefieder dieser Henne ist allerdings schwarz, mit kupferfarbenen Zeichnungen am Hals. Von dieser Henne wurden 49 Eier untersucht.

**7. Maran 3:** In der Erscheinung gleicht diese Henne der Henne Maran 2, und auch ihre Eier sind von dunkelbrauner Schalenfarbe. Darum wurde auch sie wiederum zeitlich nach der Henne Maran 2 gehalten. Von ihr wurden insgesamt 58 Eier untersucht.

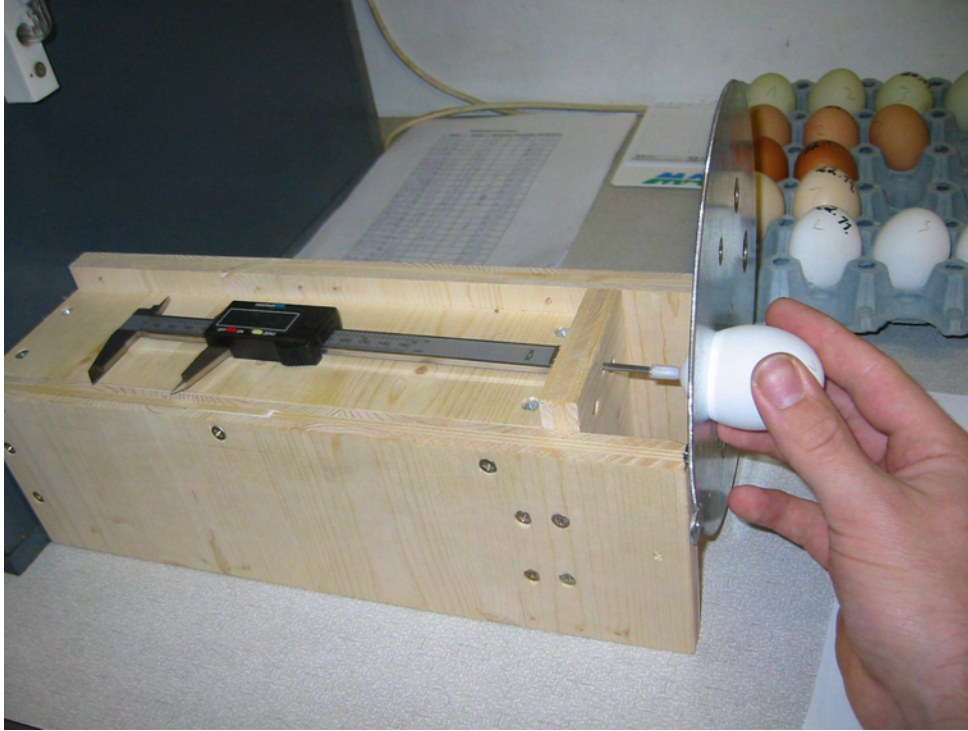
**8. Shaver 1:** Von dieser Henne wurden 72 Eier untersucht. Es handelt sich um eine leichte Henne mit reinweißer Befiederung. Auch die Farbe der Schale ihrer Eier ist reinweiß.

**9. Shaver 2:** Diese Henne gleicht in ihrer Erscheinung und der Farbe der Eierschale der Henne Shaver 1. Daher wurden die beiden Henne zeitlich nacheinander gehalten. Insgesamt wurden 52 Eier dieser Henne untersucht.

#### **3.1.3 Apparaturen zum Vermessen der Eier**

Die Messungen der maximalen Längen und der maximalen Breiten der Eier wurden mit einem digitalen Messschieber der Marke TCM, hergestellt für die Firma Tchibo GmbH, Überseering 18, 22297 Hamburg, vorgenommen. Modell: TCM 227 579; Messgenauigkeit:  $\pm 0,02$  mm im Messbereich: 0-100 mm; Messgenauigkeit:  $\pm 0,03$  mm im Messbereich: 100-150 mm; Messsystem: lineares, kontaktloses Kapazitäts-Messsystem. Die weiteren Messungen wurden mit zwei selbst konstruierten und selbst gebauten Messgeräten durchgeführt.

Wie Abbildung 3.2 zeigt, besteht das erste, selbst konzipierte und selbst angefertigte Messgerät im Wesentlichen aus einer Scheibe mit zirkulär angeordneten Löchern der Radien  $r=5$  mm;  $r=7,5$  mm;  $r=10$  mm;  $r=12,5$  mm;  $r=15$  mm;  $r=17,5$  mm. Die Mittelpunkte der einzelnen Löcher liegen auf einer Kreislinie. Diese Scheibe kann gedreht werden. Hinter der Scheibe ist ein zweiter Messschieber vom oben beschriebenen Typ montiert an dessen Tiefenmessstab ein Stempel angebracht ist. Er ist so montiert, dass er sich auf dem Kreis der Mittelpunkte der Löcher befindet. So kann jedes einzelne Loch exakt vor dem Messschieber in Stellung gebracht werden. Um die Messungen durchzuführen, wird der Messschieber nun mit seinem Stempel in ein Loch eingeführt, mit einem Flacheisen wird das Loch auf der Vorderseite abgedeckt und der Stempel gegen das Flacheisen geschoben und auf 0 kalibriert. Führt man nun ein Ei mit einem Pol von der Vorderseite aus in das Loch ein, wird der Tiefenmessstab des Messschiebers aus dem Loch herausgedrückt. Das Ei wird so weit eingeführt, bis es mit seiner Schale an die Kanten des Loches anstößt. Der zum Radius des entsprechenden Loches gehörige Messwert erscheint als negativer Wert auf der Anzeige des Messschiebers.



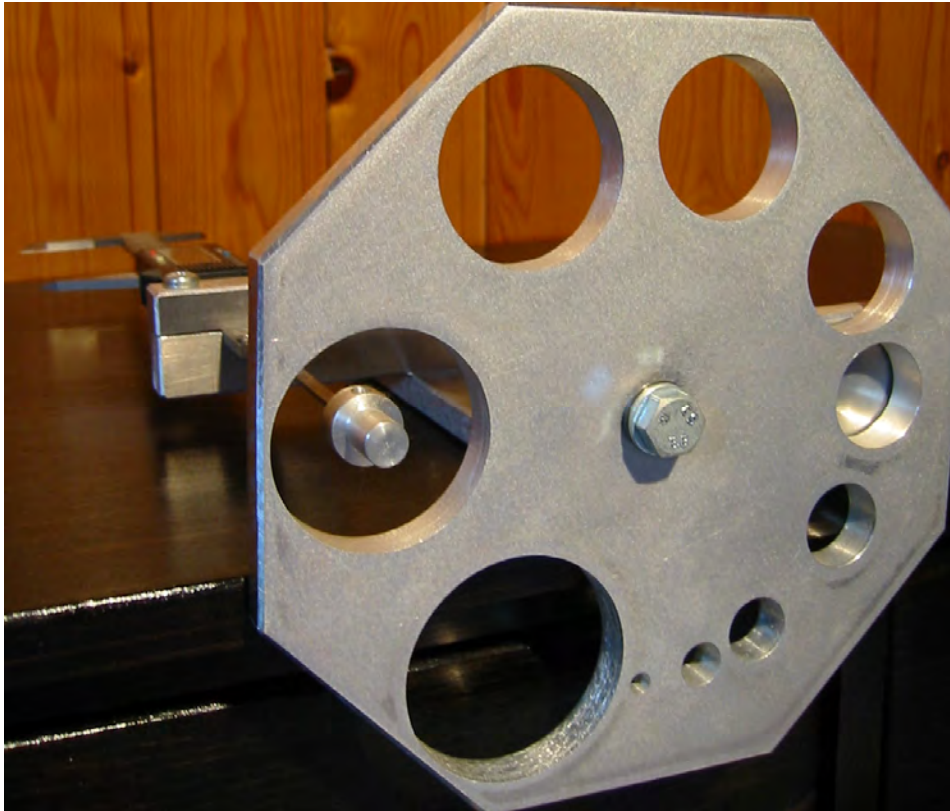
**Abbildung 3.2:** Erstes selbst hergestelltes Messgerät. Die Messtechnik ist während der Arbeit verfeinert worden. Hier ist das ältere, weniger exakt arbeitende Messgerät zu sehen. Die Positionen der Scheibe und des Messschiebers sind vorgegeben. Die Bohrungen ( $r=5\text{ mm}$ ;  $r=7,5\text{ mm}$ ;  $r=10\text{ mm}$ ;  $r=12,5\text{ mm}$ ;  $r=15\text{ mm}$ ;  $r=17,5\text{ mm}$ ) in der Scheibe liegen auf einem Kreis, dessen Mittelpunkt die Befestigungsschraube darstellt und um den sie gedreht werden kann. So kann der Tiefenmessstab des Messschiebers exakt im Mittelpunkt jeder einzelnen Bohrung in Position gebracht werden.

Mit diesem ersten Messgerät wurden die Eier der Henne Welsumer Zwerg, Shaver 1, Maran 1, Grünleger und Italiener ausgemessen.

Eine eigene Weiterentwicklung des ersten Messgerätes (Abbildung 3.3) stand für die Vermessung der Eier der Hennen von Tetra, Maran 2, Maran 3, Shaver 2 und die Eier von Lohmann LSL 1 und Lohmann Brown zur Verfügung.

Das Bau- und Funktionsprinzip des weiterentwickelten Messgerätes ist das gleiche, die Lochscheibe hat aber mehr Bohrungen. Außerdem ist das ganze Gerät stabiler und exakter gearbeitet. Die 10 Bohrungen haben die Radien:  $r=2,5\text{ mm}$ ;  $r=5\text{ mm}$ ;  $r=7,5\text{ mm}$ ;  $r=10\text{ mm}$ ;  $r=12,5\text{ mm}$ ;  $r=15\text{ mm}$ ;  $r=17,5\text{ mm}$ ;  $r=20\text{ mm}$ ;  $r=22,5\text{ mm}$  und  $r=25\text{ mm}$ .





**Abbildung 3.3:** Weiter entwickeltes Gerät zum Vermessen der Eier. Scheibe und Messschieber sind fest mit dem Gestell verbunden. Die Mittelpunkte der Bohrungen ( $r = 2,5 \text{ mm}$ ;  $r = 5 \text{ mm}$ ;  $r = 7,5 \text{ mm}$ ;  $r = 10 \text{ mm}$ ;  $r = 12,5 \text{ mm}$ ;  $r = 15 \text{ mm}$ ;  $r = 17,5 \text{ mm}$ ;  $r = 20 \text{ mm}$ ;  $r = 22,5 \text{ mm}$ ;  $r = 25 \text{ mm}$ ) in der Scheibe liegen auf einer Kreislinie. Der Mittelpunkt dieses Kreises stellt die Befestigung der Scheibe dar. Um diesen Mittelpunkt ist die Scheibe drehbar befestigt, so können die Mittelpunkte der einzelnen Bohrungen exakt vor dem Tiefenmessstab des Messschiebers in Position gebracht werden. Links im Bild ist der Messschieber zu erkennen, dessen Stempel in die Bohrung  $r = 22,5 \text{ mm}$  ragt.

#### 3.1.4 Brutschrank

Die Brut aller Hühnereier fand in einem Brutschrank Typ V00 der Firma Werner Schumacher, Ing., Lardenbach, Oberhessen, mit Wendeautomatik in Intervallen von zwei Stunden statt. Die Eier wurden mit der Spitze nach unten auf Horden gestellt und im Brutschrank bei  $37,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  für 18 Tage bebrütet.

#### 3.1.5 Gefrierschrank

Zum Abtöten der Embryonen wurden die Eier für etwa eine Stunde in einen Gefrierschrank, der auf  $-18 \text{ }^{\circ}\text{C}$  eingestellt war, verbracht und danach vermessen.



### 3.1.6 Material für die Aufzeichnungen

Zum Beschriften der Eier wurden Bleistifte der Firmen A. W. Faber-Castell, Stein (Mittelfranken) und Permanent Marker der Firma Edding, Ahrensburg, verwendet.

Für die eigenen Aufzeichnungen in den Originalprotokollen wurden handelsübliche Kugelschreiber und SM-Papier der Größe DIN A4 verwendet.

### 3.1.7 Sektionsbesteck

Die Geschlechtsbestimmung aller Embryonen am 19. Bruttag wurde mit autoklavierbarem Sektionsbesteck, bestehend aus einer kleinen Schere und zwei chirurgischen Pinzetten, durchgeführt.

### 3.1.8 Entsorgung

Nach Abschluss der Untersuchungen an den Schalen und Embryonen wurden die verbliebenen Teile entsprechend der Vorgaben der Hygieneordnung des Fachbereichs Veterinärmedizin der Universität Gießen über eine Tierkörperbeseitigungs-Firma entsorgt. Räume, Gerätschaften und Instrumente wurden gereinigt und desinfiziert.

## 3.2 Methoden

### 3.2.1 Messung der maximalen Längen und Breiten der Eier

Eine relativ einfache Art und Weise zur Messung der Form eines Eies ist die Bestimmung der maximalen Länge (L) und der maximalen Breite, das heißt, des Querdurchmessers (Q) des Eies. Das geschah mit dem digitalen Messschieber. Dazu wurde die Ausdehnung des Eies zwischen den Messschenkeln des Messschiebers vermessen und dabei die maximale Länge und der maximale Querdurchmesser bestimmt.

### 3.2.2 Berechnungen des Formindex

Sowohl die maximale Länge als auch der maximale Querdurchmesser wurden, wie oben beschrieben, bei allen Eiern gemessen und der Formindex rechnerisch gebildet:

$$Q/L * 100 = \text{Formindex}$$

Der Formindex beschreibt allerdings nur grob die Form eines Eies. Es bleibt unberücksichtigt, wie die Formlinien zwischen den vier Messpunkten verlaufen.

### 3.2.3 Messungen mit Hilfe der selbst konstruierten Messgeräte

Wie oben beschrieben und auf Abbildung 3.2 zu sehen, wurden exaktere Messungen am Ei mit Hilfe der selbst konstruierten Messgeräte ausgeführt. Jedes Ei wurde dabei zuerst mit seinem stumpfen Pol, dann mit seinem spitzen Pol in eine Bohrung der Scheibe des Messgeräts eingeführt und der jeweils auf der Anzeige des digitalen Messschiebers erschienene Wert abgelesen und sein Betrag notiert. Dieser Vorgang wurde mit allen Bohrungen der Scheibe wiederholt, deren Radius kleiner ist als der maximale Radius des Eies. Ein Ei mit einem maximalen Querdurchmesser von 42 mm ( $r = 21$  mm) wurde also mit Hilfe der Bohrungen  $r = 5$  mm;  $r = 7,5$  mm;  $r = 10$  mm;  $r = 12,5$  mm;  $r = 15$  mm;  $r = 17,5$  mm und  $r = 20$  mm vermessen. Durch größere Bohrungen wäre das Ei vollständig hindurch zu schieben, es wäre nicht am Rand der Bohrung hängen geblieben. Es konnten mit Hilfe der Bohrungen  $r = 22,5$  mm und  $r = 25$  mm nur Werte von sehr großen Eiern gemessen werden. Maximaler Querdurchmesser  $> 45$  mm beziehungsweise  $> 50$  mm.

Die notierten Messwerte wurden in Tabellen, wie der hier als Beispiel abgebildeten Tabelle 3.3, zusammengetragen. Alle Maße sind in Millimetern angegeben.

**Tabelle 3.3:** Messwerte und Geschlecht der ersten 10 Eier der Henne Tetra. Alle Maße in mm.

Tetra				Spitzer Pol								Stumpfer Pol							
Radius				5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20		
Nr.	G	L	Q																
2	w	56,5	42,8	1,1	2,4	4,2	6,4	9,6	13,6	20,7	0,8	1,8	3,1	5	7,6	11,2	17,8		
4	w	54,5	43	1	2,1	3,7	5,9	8,8	12,5	19,2	0,8	1,7	3	4,9	7,4	10,8	17,1		
5	w	55,7	42,8	1,1	2,3	3,9	6,2	9,2	13,2	20,4	0,7	1,6	3	4,9	7,6	11,2	17,6		
7	w	55,4	42,8	1,1	2,2	3,8	6	9	13	20,1	0,7	1,6	2,9	4,8	7,4	11,1	17,7		
1	m	54,6	43	1,1	2,3	3,8	6,1	9,1	13	19,8	0,8	1,7	3	4,9	7,4	10,7	16,7		
3	m	55,9	43	1,1	2,3	3,8	6	9	12,8	19,5	0,8	1,8	3,1	5,1	7,7	11,2	17,3		
6	m	56,1	42,4	1,1	2,3	4	6,3	9,4	13,4	20,7	0,8	1,8	3,2	5,2	8	11,6	18,5		
8	m	56,2	43	1	2,1	3,7	6	9	12,9	19,7	0,8	1,6	3	4,8	7,4	10,9	17,1		
9	m	54,3	42,9	0,9	2	3,5	5,7	8,8	12,7	20	0,7	1,6	2,9	4,6	7,2	10,5	16,7		
10	m	59,7	43,8	1,2	2,4	4,2	6,6	9,8	13,6	20,2	0,8	1,7	3	4,9	7,5	10,9	16,9		

G = Geschlecht, W = weiblich, M = männlich. L = Länge, Q = Querdurchmesser

#### 3.2.4 Berechnung des kartesischen Ovals

Um die Konstanten  $C$ ,  $m$  und  $e$  berechnen zu können, werden bestimmte Werte der Eier benötigt. Die entsprechenden Strecken sind in Abbildung 3.4 zeichnerisch dargestellt.

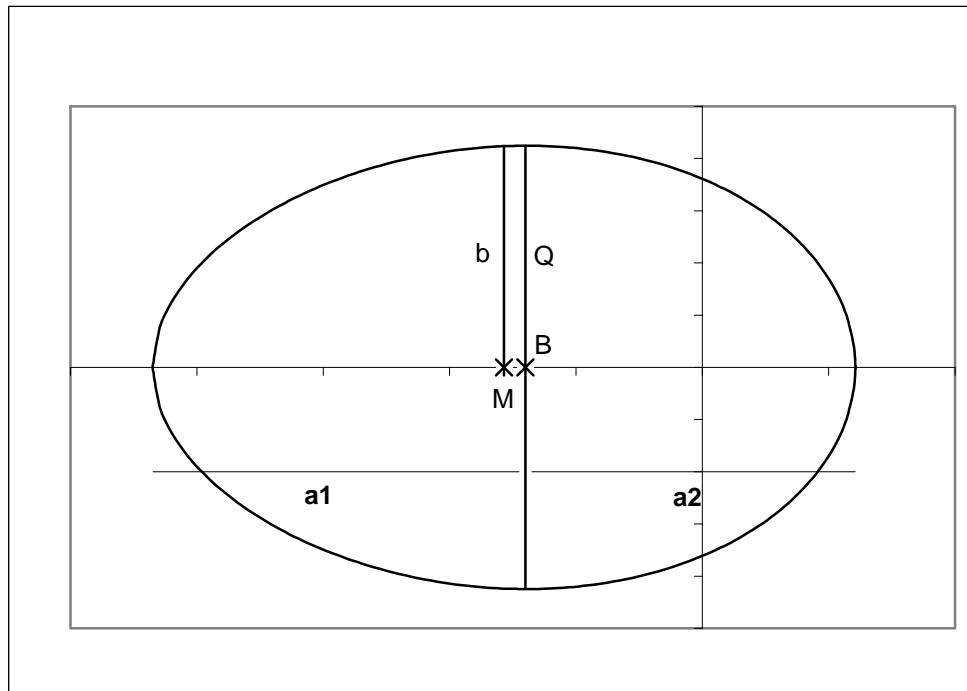
$L$  = maximale Länge des Eies.

$a_1$  = der Teil der Gesamtlänge des Eies, der vom Schnittpunkt B zum spitzen Pol hin liegt. (B ist der Schnittpunkt der größten Längsachse mit der größten Querachse)

$a_2$  = der Teil der Gesamtlänge, der vom Schnittpunkt B zum stumpfen Pol hin liegt.

$b$  = der zu  $\frac{L}{2}$  gehörige Radius.

$Q$  = der größte Querdurchmesser.



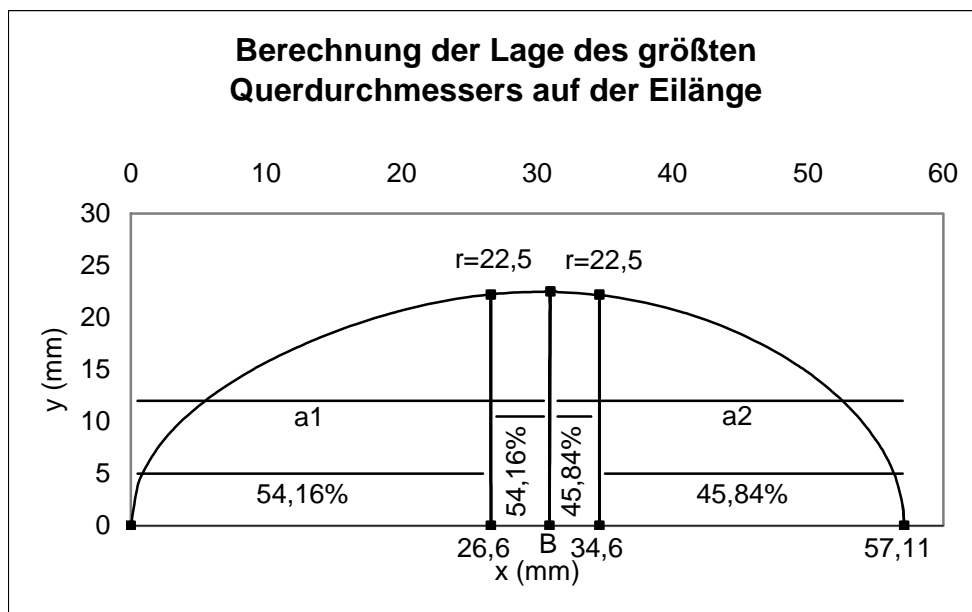
**Abbildung 3.4:** Kartesisches Oval mit den Punkten  $M$  und  $B$ , wobei  $M$  die Mitte der Gesamtlänge des Eies darstellt und  $B$  den Schnittpunkt der größten Längsachse mit der größten Querachse des Eies. Die Strecken  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b$  und  $Q$  sind ebenfalls dargestellt.  $a_1$  ist der Teil der Gesamtlänge des Eies, der auf der Seite des spitzen Pols von  $B$  liegt,  $a_2$  ist der Teil auf der anderen Seite von  $B$ .

Das Lot, welches in  $M$  gefällt wird, heißt  $b$ .  $Q$  ist der größte Querdurchmesser.

Da einige dieser Werte nicht direkt gemessen wurden, waren noch einige Rechnungen nötig, um in die Formel Szilaskos einsetzbare Werte zu erzeugen.

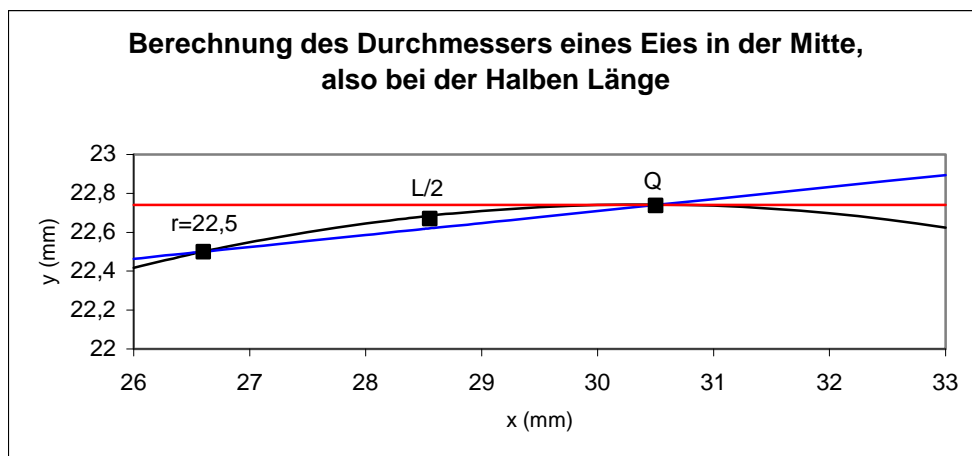
So wurden  $a_1$  und  $a_2$ , wie auf Abbildung 3.5 zu sehen ist, dadurch berechnet, dass die Strecke zwischen den größten Radien der Messlöcher im gleichen Verhältnis geteilt wurde wie die Teilstrecke zwischen spitzem Eipol und größtem Messradius zur Teilstrecke zwischen stumpfem Eipol und größtem Messradius. In diesem Beispiel entspricht das jeweils einem Verhältnis von 54,16 % auf der Seite des spitzen Pols zu 45,84 % auf der Seite des stumpfen Pols.

Zeichnerische Versuche auf Millimeterpapier an mehreren Eiern sowie Abbildung 3.5 zeigen, dass dies zu einer sehr exakten Bestimmung der Lage des größten Querradius führt.



**Abbildung 3.5:** Berechnung der Strecken  $a_1$  und  $a_2$ . Die Strecke in der Mitte des Eies, die zwischen den beiden größten Messradien (hier:  $r = 22,5$  mm) liegt, wird ins gleiche Verhältnis gebracht wie die Stecken zwischen spitzem Pol und größtem Messwert zu stumpfem Pol und größtem Messwert. In diesem Fall 54,16 % zu 45,84 %. So wird die Lage von B auf der Länge berechnet.

Abbildung 3.6 zeigt zeichnerisch die Berechnung von b, dem Radius des Eies in der Mitte seiner Länge (L/2). So wurde b berechnet, indem die Funktion einer Geraden erstellt wurde, die den Punkt der maximalen Breite mit dem Messwert des größten Messradius (hier  $r = 22,5$  mm) der spitzen Seite des Eies verbindet, in blau dargestellt. Nun wurde die Hälfte der Eilänge, L/2, in die entstandene Funktion der Geraden eingesetzt und, da die gesuchte Breite mittig zwischen der berechneten Geraden und der maximalen Breite des Eies liegt, mit der halben Differenz zur maximalen Breite (hier in rot eingezeichnet) addiert. Auch in diesem Fall wurde zeichnerisch auf Millimeterpapier die Genauigkeit dieser Vorgehensweise an mehreren Eiern überprüft. Die Abweichungen der berechneten Werte von der Zeichnung auf Millimeterpapier liegen im Bereich von wenigen zehntel Millimetern.



**Abbildung 3.6:** Berechnung des Eiradius in der Mitte der Länge des Eies, also bei L/2. Schwarz die Eilinie, blau die Gerade, die durch den größten Messwert des spitzen Eipols und die maximale Breite des Eies geht, rot die Verlängerung der maximalen Eibreite. Der y-Wert von L/2 liegt mittig zwischen der blauen Geraden und der maximalen Breite des Eies.

Um von einem gegebenen Ei die Konstanten C, e und m der Formel des kartesischen Ovals zu berechnen, ist ein großer mathematischer Aufwand nötig.

$$\sqrt{x^2 + y^2} + m * \sqrt{(e - x)^2 + y^2} = C$$

Die Herleitung dieser und der folgenden Formeln beschreibt SZIELASKO (1902) in „Die Bildungsgesetze der Vögel bezüglich ihrer Gestalt“.

Als erster Schritt der Berechnung der Konstanten muss  $z$  berechnet werden.

$$z = \sqrt[3]{-\frac{\gamma}{2} + \sqrt{\left(\frac{\gamma}{2}\right)^2 + \left(\frac{\beta}{3}\right)^3}} + \sqrt[3]{-\frac{\gamma}{2} - \sqrt{\left(\frac{\gamma}{2}\right)^2 + \left(\frac{\beta}{3}\right)^3}} + \frac{[(a_1 + a_2)^2 - 4b^2]}{6}$$

Voraussetzung hierfür ist die vorherige Berechnung von  $\frac{\beta}{3}$  und  $\frac{\gamma}{2}$ .

In die Formel werden die zuvor berechneten Werte  $a_1$ ,  $a_2$  und  $b$  eingesetzt.

$$\frac{\beta}{3} = \left[ \left( \frac{a_1}{1} + \frac{a_2}{1} \right)^2 - 4b^2 \right]^2 * \left[ \frac{(a_1 - a_2)^2}{12 * (a_1 + a_2)^2} - 0,006944 \right]^2$$

$$\frac{\gamma}{2} = \left[ \left( \frac{a_1}{1} + \frac{a_2}{1} \right)^2 - 4b^2 \right]^2 * \left[ \frac{(a_1 + a_2)^2 - 4b^2}{1728} - \frac{(a_1 - a_2)^2}{96} - b^2 \frac{(a_1 - a_2)^2}{12 * (a_1 + a_2)^2} \right]$$

Ist nun  $z$  bekannt, kann  $e_2$  berechnet werden. Wiederum werden  $a_1$ ,  $a_2$  und  $b$  eingesetzt.

$$e_2 = \frac{-\sqrt{-z + [(a_1 + a_2)^2 - 4b^2]} * \left[ 0,5 + \frac{(a_1 - a_2)}{2 * \sqrt{z}} \right] - \sqrt{z} - (a_1 - a_2)}{2}$$

Mit Hilfe von  $e_2$  kann dann  $m$  berechnet werden.

$$m = \frac{e_2 + \left( \frac{a_1 - a_2}{2} \right)}{e_2 - \left( \frac{a_1 - a_2}{2} \right)}$$

und mit m dann  $e_1$  und c

$$e_1 = \left( \frac{a_1 - a_2}{2} \right) * (m + 1) + m * e_2$$

$$C = \frac{(a_1 + a_2) * (m + 1)}{2}$$

Es gilt:

$$e_1 + e_2 = e$$

wobei:

$e$  = Abstand zwischen den Brennpunkten  $F_1$  und  $F_2$ . Excentric

$e_1$  = Abstand zwischen dem Schnittpunkt des größten Radius mit der Längsachse (B) und dem Brennpunkt ( $F_1$ ). Dieser liegt in der Nähe des spitzen Pols des Eies

$e_2$  = Abstand zwischen dem Schnittpunkt des größten Radius mit der Längsachse (B) und dem Brennpunkt ( $F_2$ ). Dieser liegt in der Nähe des stumpfen Pols des Eies

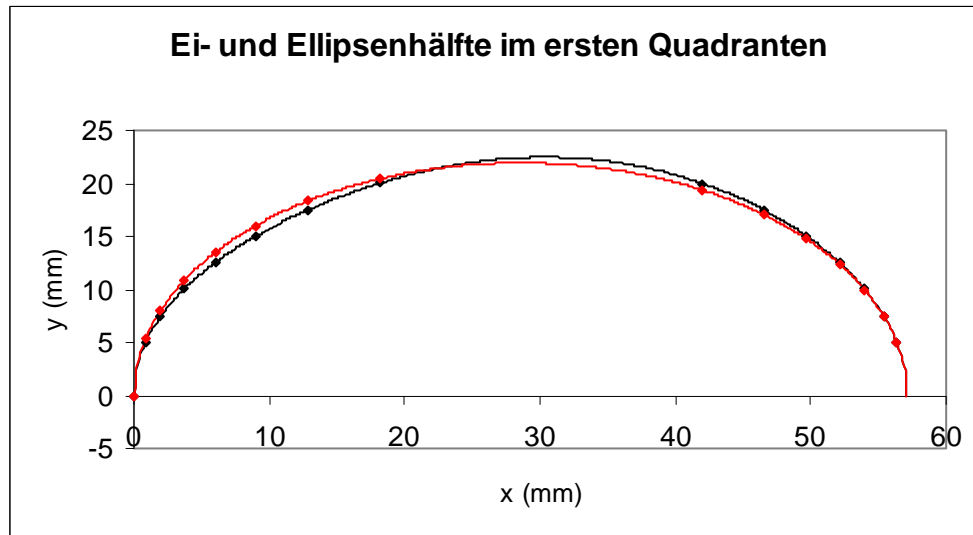
Auf diese Weise wurden die drei Konstanten C, e und m für die Eier der Herkünfte Lohmann Brown und Lohmann LSL 1 sowie für die Eier der Hennen Tetra, Welsumer Zwerg, Maran 2, Maran 3 und Shaver 2 berechnet. Dabei handelt es sich um die Eier, von denen ausreichend viele Messwerte zur Verfügung stehen. Von den übrigen Herkünften wurde entweder nur der spitze Eipol ausgemessen, oder die Form wurde zuerst auf Röntgenfilm festgehalten und diese Abbildungen vermessen.

#### 3.2.5 Berechnung des Polynoms egg(x)

Die Polynomfunktion 4. Grades egg(x) wurde in mehreren Schritten berechnet. Zuerst wurde eine Ellipsenfunktion mit den beiden Parametern Länge (L) und maximaler Querdurchmesser (Q) des Eies berechnet, für welches die Eifunktion aufgestellt werden soll.

Das geschah nach der Formel: 
$$e(x) = \sqrt{1 - \frac{4 * (x - (\frac{L}{2}))^2}{L^2}} * \frac{Q}{2} \quad (\text{ROTH, 2003})$$

Diese Formel liefert, wie in Abbildung 3.7 in rot dargestellt, eine Ellipsenhälfte im ersten Quadranten des Koordinatensystems. Sie beginnt im Punkt (0/0) und endet im Punkt (L/0).



**Abbildung 3.7:** Ei- und Ellipsenhälfte im ersten Quadranten.

Ellipse nach der Formel: 
$$e(x) = \sqrt{1 - \frac{4 * (x - (\frac{L}{2}))^2}{L^2}} * \frac{Q}{2}$$

Auf der Eilinie sind die Messpunkte der Radien  $r = 5 \text{ mm} - r = 20 \text{ mm}$  in  $2,5 \text{ mm}$  Abständen eingezeichnet. Die Punkte auf der Ellipse stellen die zu den Messwerten des Eies gehörigen, berechneten Ellipsenwerte dar.

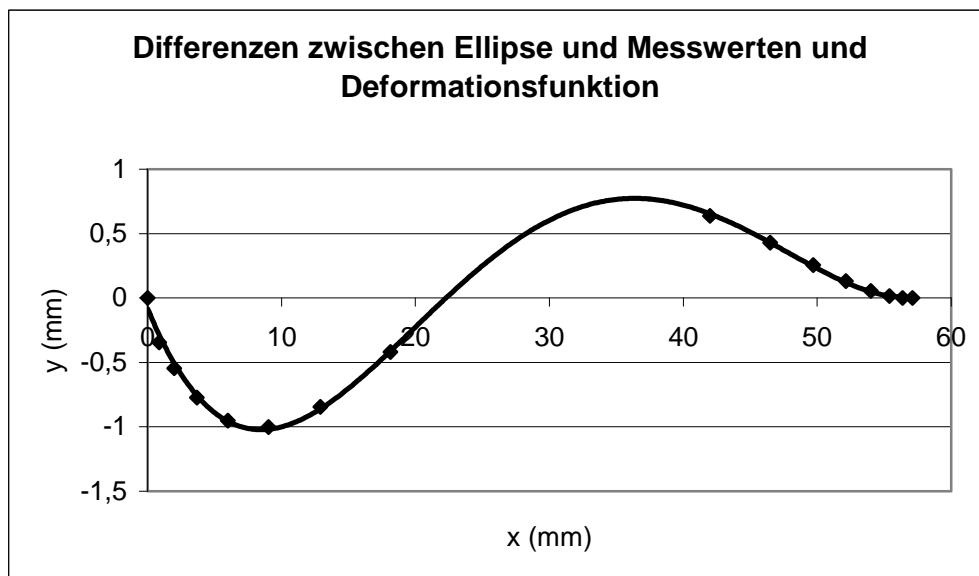
Im nächsten Schritt wurden nun die Messwerte des zu bestimmenden Eies so angepasst, dass sie annähernd auf einer Linie liegen, diese Linie befindet sich ebenfalls im ersten Quadranten des Koordinatensystems und reicht ebenfalls vom Punkt (0/0) bis zum Punkt (L/0). Abbildung 3.7 schwarze Linie, die schwarzen Punkte sind die Messwerte des Eies.

Dazu wurden Koordinaten gebildet, indem die Messwerte, die vom spitzen Eipol aus gemessen worden waren, den x-Wert darstellen und der Radius der Bohrung, mit deren Hilfe sie gemessen waren, ergibt den entsprechenden y-Wert.

Für die Berechnung der Koordinaten der Punkte, die zum stumpfen Eipol gehören, musste zunächst der jeweilige Messwert von der Eilänge subtrahiert werden, um dann auf gleiche Weise, also in Verbindung mit dem Radius der Bohrung, mit deren Hilfe er entstand, zu Koordinaten zu werden.



Im dritten Schritt wurden für jeden x-Wert für den ein y-Wert des Eies existierte mit der Formel der Ellipse auch ein y-Wert für die Ellipse berechnet, Abbildung 3.7 rote Punkte, und dieser vom entsprechenden y-Wert des Eies, Abbildung 3.7 schwarze Punkte, subtrahiert. So entstanden Differenzwerte, Abbildung 3.8 schwarze Punkte. Aus ihnen wurde mit Hilfe des Computer Algebra Systems Texas Instruments TI-92 eine Ausgleichsfunktion als polinomiale Regression berechnet, die Deformationsfunktion, Abbildung 3.8 schwarze Linie. Sie spiegelt die Unterschiede im Verlauf von Ellipse und Eilinie über die gesamte Länge der beiden Graphen näherungsweise wieder.



**Abbildung 3.8:** Die Punkte stellen die Differenzwerte zwischen Ellipse und Messwerten des Eies dar. Der Graph ist der Graph einer Ausgleichsfunktion, hier als Deformationsfunktion verwendet.

Die Deformationsfunktion ist ein Polynom 4. Grades. Sie wird aus dem Gerüst:

$$d(x) = ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e \text{ berechnet.}$$

Addiert man nun also im letzten Schritt diese Deformationsfunktion und die Ellipsenfunktion so entsteht eine Funktion, deren Graph eine Eilinie beschreibt, die die Messpunkte des Eies miteinander verbindet. Abbildung 3.7, schwarze Linie.

$$egg(x) = \sqrt{1 - \frac{4 * (x - (\frac{L}{2}))^2}{L^2}} * \frac{Q}{2} + ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e$$

#### **3.2.6 Morphologische Geschlechtsbestimmung der Embryonen am 19. Bruttag**

Alle mit Herkunft und Nummer gekennzeichneten Eier mit lebenden Embryonen wurden für die Geschlechtsbestimmung verwendet. Die Embryonen wurden bei  $-18^{\circ}\text{C}$  getötet. Die Form der Eier der Herkünfte Lohmann Brown, Lohmann LSL 1 und LSL 2 wurde auf Röntgenfilmen konserviert, danach wurden sie geöffnet.

Um das Geschlecht der Embryonen anhand der Gonaden bestimmen zu können, wurde zuerst die Schale des Eies am stumpfen Eipol durch Aufschlagen im Bereich der Luftkammer geöffnet, die Lage des Kükens betrachtet und anschließend der Embryo mit Hilfe einer Pinzette aus der Eierschale gezogen. Der Embryo wurde in Rückenlage gebracht, wobei der Kopf vom Untersucher weg zeigte. Die Brust-Bauchwand wurde mit einer Schere vom Nabel bis zum Hals eröffnet und aufgeklappt. Mit der Pinzette wurde der Muskelmagen gegriffen und auf die linke Seite gezogen. Jetzt war der Blick auf die Gonaden frei. Das unpaare Ovar mit Uterus sowie die paarigen Hoden liegen ventral von der Wirbelsäule im Bereich des distalen Teils der Lungen und vor dem proximalen Nierenpol. Die Gonaden beider Geschlechter sind makroskopisch zweifelsfrei unterscheidbar.

#### **3.2.7 Überprüfung der Lage der Hühnerembryonen im Ei**

Vor der Geschlechtsbestimmung der Embryonen wurde die Lage der Embryonen im Ei bestimmt (BROWN, 1979). Nachdem das Ei im Bereich der Luftkammer eröffnet worden war, wurden die beiden Lagen der inneren Schalenmembran durchstoßen und beiseite geklappt. Nun war der Blick auf das Küken frei und es konnte beurteilt werden, ob das Küken in physiologischer Lage im Ei lag oder ob eine der sieben Fehllagen vorlag.

#### **3.2.8 Statistische Analysen**

Textverarbeitung, Tabellenkalkulation, graphische Darstellungen, statistische Analysen sowie die Verwaltung von Text- und Bilddateien wurden mit einem PC der Marke Medion und den Programmen Microsoft® Word 2002, Microsoft® Excel 2002, Microsoft Photo Editor sowie SPSS 15.0 Student Version durchgeführt.

Für verschiedene Berechnungen wurde zusätzlich das Computer Algebra System Texas Instruments TI-92 verwendet.

Für Vergleiche von Messwerten und berechneten Werten wurden der arithmetische Mittelwert sowie die Standardabweichung berechnet.

Des Weiteren wurde der Median sowie die Quartile  $Q_1$  und  $Q_3$  berechnet, diese entsprechen den Quantilen  $Q_{0,25}$ ,  $Q_{0,5}$  sowie  $Q_{0,75}$ , außerdem der größte und der kleinste Wert, also Minimum und Maximum. Aus diesen 5 Werten baut sich auch der Box-and-Whisker-Plot auf.

Als weitere graphische Darstellungsform wurde das Histogramm verwendet. Die Breite der Klassen ist jeweils angegeben. Für die Zuordnung der Werte wurden die Gesetze des Rundens angewendet. Der hinterlegte Graph entspricht der aus arithmetischem Mittelwert und Standardabweichung berechneten Normalverteilung.

Die dritte verwendete graphische Darstellung von Werten, der QQ-Plot, entstand durch das Auftragen der tatsächlichen Werte gegen zu erwartende Werte einer entsprechenden Normalverteilung.

Außerdem wurde das Vorliegen von Normalverteilungen mit Hilfe von Tests auf Normalverteilung überprüft. Angewendet wurden der Shapiro-Wilk-Test sowie der Kolmogorow-Smirnow-Test. Beide wurden mit dem Statistikprogramm SPSS 15.0 Student Version durchgeführt. Und für beide wurde das Signifikanzniveau 0,05 angenommen.

Die Überprüfung der Nullhypothese, dass die beiden arithmetischen Mittelwerte der Geschlechter einer Herkunft signifikant unterschiedlich seien, wurde mit dem Student t-Test durchgeführt. Da der Test für Stichproben mit ungleicher Varianz durchgeführt wurde sind die Freiheitsgrade berechnet, somit handelt es sich nicht unbedingt um ganze Zahlen.

Bei den Stichproben, bei denen signifikante Abweichungen von der Normalverteilung angenommen wurden, wurde der Mann-Whitney-Test durchgeführt.

Auch diese statistischen Tests wurden mit Hilfe des Computerprogramms SPSS 15.0 Student Version durchgeführt.

Als Grenze für die Annahme der Nullhypothese wurde ein Signifikanzniveau von 0,05 angenommen.

Außerdem wurde mit Hilfe des Computerprogramms SPSS 15.0 Student Version eine Zweifaktorielle Varianzanalyse durchgeführt. Auch hier wurde ein Signifikanzniveau von 0,05 angenommen.

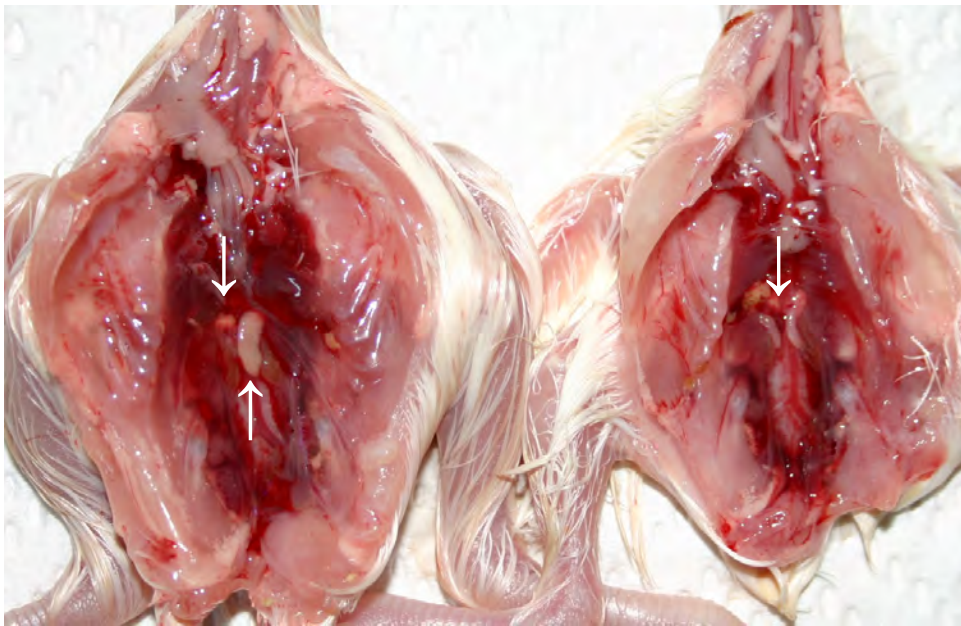
## 4 Ergebnisse

### 4.1 Geschlechtsbestimmung

Weibliche Embryonen besitzen nur ein Ovar, das distal der Lunge und proximal der linken Niere, der Nebenniere aufliegt (Abbildung 4.1, links). Das Ovar 19-tägiger Embryonen ist etwa 5 mm lang, bohnenförmig und von blassweißer Farbe. Der Uterus liegt auf der linken Niere und ist als feiner, hell-gelblicher Faden zwischen Ovar und Kloake zu erkennen.

Männliche Embryonen zeigen paarige Hoden. Diese sind von kräftiger, weißer Farbe, etwa 3 mm lang und zigarrenförmig. Die ebenfalls paarig angelegten Samenleiter sind kaum sichtbar (Abbildung 4.1, rechts). Die Unterscheidung der weiblichen und männlichen Gonaden ist stets eindeutig. Das Ergebnis der Geschlechtsbestimmung wurde, zusammen mit der Nummer des Eies, in Listen aufgenommen.

Von den insgesamt 1.223 in die Studie aufgenommenen Eiern enthielten 616 (50,37 %) ein weibliches und 607 (49,63 %) ein männliches Küken.



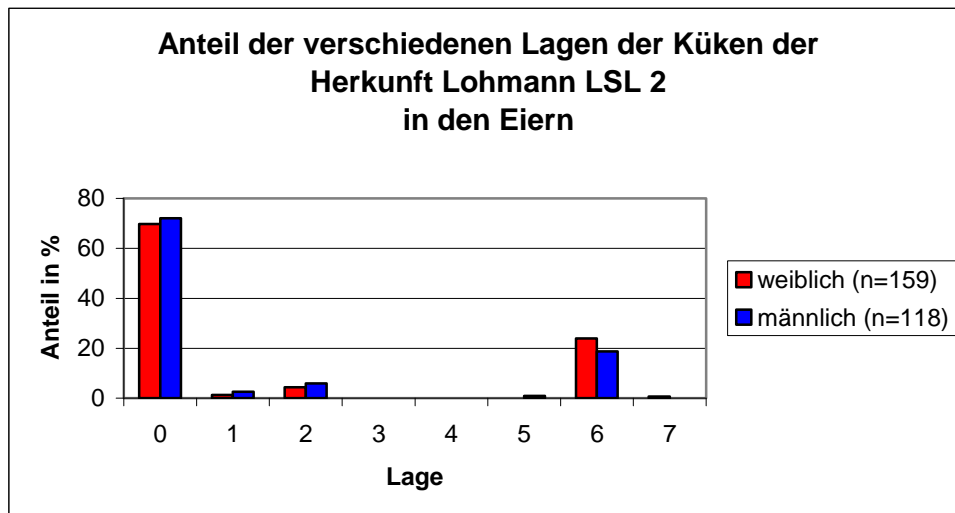
**Abbildung 4.1:** Sektionsbilder zweier Küken, links weiblich, rechts männlich. Beim links gelegenen Küken ist das bohnenförmige, gelblich-weiße, zentralgelegene Ovar (↑) gut zu erkennen. Neben dem Ovar ist die rechte Nebenniere (↓) als heller Punkt sichtbar. Beim männlichen Küken, rechts im Bild, liegen an gleicher Stelle die kleineren und weniger markanten paarigen Testes (↓). Proximal der Hoden sind die beiden Nebennieren sichtbar.

#### 4.2 Lage der Küken im Ei

Fehllagen, wie sie in Abschnitt 2.6 beschrieben werden, wurden bei den Untersuchungen dieser Studie vor allem unter den Eiern der Herkunft Lohmann LSL 2 vorgefunden. In diesen Eiern befanden sich am erwarteten Schlupftag nicht zum Schlupf gekommene Küken.

So wurden unter den 228 untersuchten Embryonen der Herkunft Lohmann Brown sieben (3,1 %) und unter den 230 untersuchten Embryonen der Herkunft Lohmann LSL 1 drei (1,3 %) Küken in einer Fehllage beobachtet. Bei den Eiern der anderen Hennen wurde keine einzige Fehllage entdeckt.

Insgesamt wurde die Lage von 277 Küken der Herkunft Lohmann LSL 2 im Ei beurteilt (für die Auswertung der Form standen nur 269 Eier zur Verfügung, weil die Form der restlichen 8 Eier auf den Röntgenfilmen nicht vollständig abgebildet wurde). 196 Küken befanden sich im Ei in Normallage, 81 zeigten eine von mehreren möglichen Fehllagen. Tabelle 4.1 und Abbildung 4.2 zeigen die Verteilung der Fehllagen.



**Abbildung 4.2:** Anteil der Fehllagen (1-7) und der Normallage (0) der Küken in den Bruteiern der Herkunft Lohmann LSL 2.

**Tabelle 4.1:** Lage der Embryonen im Ei nicht geschlüpfter Küken der Herkunft Lohmann LSL 2.

Lage im Ei	Zahl der Embryonen		
	Insgesamt	Weiblich	Männlich
Normallage: Kopf unter rechtem Flügel	196	111	85
Fehllage 1: Kopf zwischen den Beinen	5	2	3
Fehllage 2: Kopf zum spitzen Eipol	14	7	7
Fehllage 3: Kopf unter dem linken Flügel	0	0	0
Fehllage 4: Schnabelspitze zur Luftkammer	0	0	0
Fehllage 5: Füße über dem Kopf	1	0	1
Fehllage 6: Kopf liegt auf dem Flügel	60	38	22
Fehllage 7: Küken liegt quer im Ei	1	1	0
<b>Summen</b>	<b>277</b>	<b>159</b>	<b>118</b>

### 4.3 Beziehung zwischen der Form der Eier und den Fehllagen

Die Fehllage 6 ist die mit Abstand am häufigsten vorkommende Fehllage der Herkunft Lohmann LSL 2, siehe Kapitel 4.2. Alle anderen Fehllagen kommen unter den 277 untersuchten und 269 vermessenen Eiern dieser Studie in nur sehr geringer Quantität vor, was eine Vergleichbarkeit ihrer Form stark einschränkt. Aus diesem Grund wurden nur zwei Gruppen von Eiern gebildet, Eier in denen sich das Küken in physiologischer Lage befand und solche, in denen es in einer der Fehllagen, gleichgültig welcher, lag. Insgesamt wurde das Verhältnis von Eiform zu Lage des Kükens bei 269 Eiern untersucht. 191 dieser Eier enthielten ein Küken in physiologischer Lage, 110 davon ein weibliches, 81 ein männliches. 78 Küken wiesen eine Fehllage auf, 46 dieser Küken waren weiblich, 32 männlich.

In Tabelle 4.2 sind die arithmetischen Mittelwerte sowie die Standardabweichung für die Parameter Eilänge, maximaler Querdurchmesser, hier als Breite bezeichnet, und

## 4 Ergebnisse

Formindex dargestellt. Diese Werte wurden jeweils getrennt nach Geschlecht und Lage berechnet sowie in jeder denkbaren Kombination zusammengefasst.

**Tabelle 4.2:** Arithmetische Mittelwerte und Standardabweichung der Länge, der Breite und des Formindex der Eier der Herkunft Lohmann LSL 2. Die Mittelwerte wurden aus allen Eiern gemeinsam und aus denen, mit und ohne Fehllagen getrennt, jeweils nach Geschlechtern getrennt und gemeinsam berechnet.

<b>Geschlecht</b>	<b>Fehl- lage</b>	<b>Arithmetischer Mittelwert in mm</b>	<b>Standard- abweichung in mm</b>	<b>n</b>
<b>Länge</b>				
männlich	ja	61,59	1,72	32
	nein	61,78	2,04	81
	Total	61,72	1,95	113
weiblich	ja	62,04	2,45	46
	nein	61,57	1,89	110
	Total	61,71	2,08	156
total	ja	61,86	2,18	78
	nein	61,66	1,95	191
	Total	61,72	2,02	269
<b>Breite</b>				
männlich	ja	46,22	1,09	32
	nein	46,14	0,97	81
	Total	46,17	1,00	113
weiblich	ja	46,02	1,19	46
	nein	46,00	1,14	110
	Total	46,01	1,15	156
total	ja	46,10	1,15	78
	nein	46,06	1,07	191
	Total	46,07	1,09	269
<b>Formindex</b>				
männlich	ja	75,08	2,38	32
	nein	74,76	2,57	81
	Total	74,85	2,52	113
weiblich	ja	74,28	3,35	46
	nein	74,77	2,45	110
	Total	74,62	2,74	156
total	ja	74,61	3,00	78
	nein	74,76	2,49	191
	Total	74,72	2,65	269

Tabelle 4.3 zeigt das Ergebnis einer zweifaktoriellen Varianzanalyse. Sie dient der Detektion eines Zusammenhangs zwischen Geschlecht und Fehllage. Von einem solchen Zusammenhang kann ausgegangen werden, wenn der p-Wert des Tests auf Zwischensubjekteffekte kleiner als 0,05 ist. Da alle berechneten p-Werte diesen Wert deutlich überschreiten kann davon ausgegangen werden, dass kein Zusammenhang zwischen Geschlecht und der Lage des Kükens im Ei sowie den Parametern Länge, maximaler Querdurchmesser und Formindex besteht. Zuvor wurde die Unabhängigkeit der beiden Parameter Geschlecht und Lage mit der Formel:  $P(A \cap B) = P(A) * P(B)$  bestätigt. Diese Formel besagt, dass das Auftreten von A und B gleich des Produkts ist aus dem Auftreten von A insgesamt mal dem Auftreten von B insgesamt. A kann dabei für weiblich stehen oder auch für männlich. B kann für Fehllage oder für physiologische Lage stehen. Die Formel ist in allen Fällen annähernd richtig. Damit sind Geschlecht und Lage unabhängig.

**Tabelle 4.3:** p-Werte der zweifaktoriellen Varianzanalyse der Parameter Geschlecht und Lage zur Detektion einer Beziehung dieser Faktoren jeweils berechnet für die Parameter Länge, Breite und Formindex.

Parameter I	Parameter II	p-Wert des Tests auf Zwischensubjekteffekte
Länge	Geschlecht	0,66
	Fehllage	0,60
	Gesamtes Model	0,58
Breite	Geschlecht	0,26
	Fehllage	0,76
	Gesamtes Model	0,69
Formindex	Geschlecht	0,27
	Fehllage	0,82
	Gesamtes Model	0,59

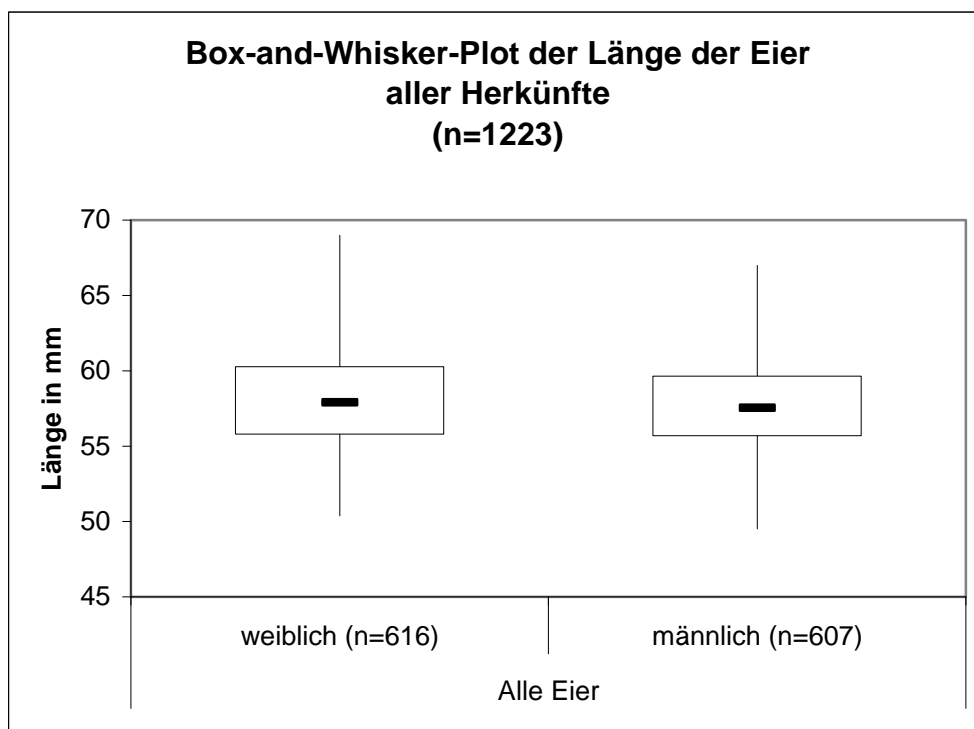
#### 4.4 Längen- und Breiten-Messungen der Eier

Betrachtet man alle 1.223 Eier dieser Studie gemeinsam und berechnet gemeinsame Parameter, wie beispielsweise den arithmetischen Mittelwert, die Standardabweichung oder teilt die Messwerte, mit Hilfe der Quartile  $Q_1$  und  $Q_3$  und des Medians, in vier gleich große Bereiche auf, so kann der in Abbildung 4.3 gezeigte Box-and-Whisker-Plot



## 4 Ergebnisse

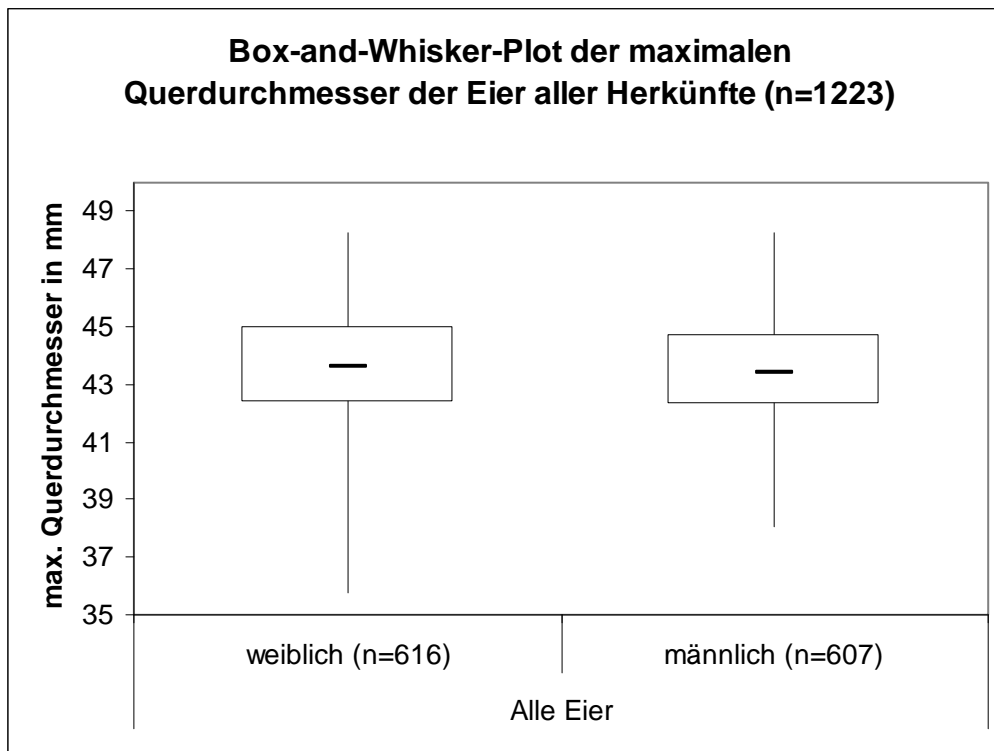
aller gemessenen Längen der 1.223 Eier dieser Studie entstehen. Die statistischen Größen, berechnet aus den Längen der Eier, die zu der Darstellung führten, sind in Tabelle 4.4 dargestellt.



**Abbildung 4.3:** Box-and-Whisker-Plot der Längen aller 1223 Eier der Studie. Links sind die statistischen Größen (Maximum, 3.Quartil, Median, 1.Quartil und Minimum) der Länge der 616 Eier mit weiblichen Gonaden, rechts davon die entsprechenden Längen der Eier mit Embryonen mit männlichen Gonaden aufgetragen.

**Tabelle 4.4:** Statistische Parameter der Länge aller Eier dieser Studie zusammen.

Parameter	Messungen der Eilänge in mm		Differenz w - m
	weiblich	männlich	
Arithmetischer Mittelwert	58,10	57,79	+ 0,31
Standardabweichung	3,11	2,94	+ 0,17
Maximum	68,99	67,00	+ 1,99
3.Quartil	60,27	59,65	+ 0,62
Median	57,91	57,55	+ 0,36
1.Quartil	55,78	55,69	+ 0,09
Minimum	50,38	49,52	+ 0,86



**Abbildung 4.4:** Box-and-Whisker-Plot der maximalen Querdurchmesser aller 1223 Eier der Studie. Links sind die statistischen Größen (Maximum, 3.Quartil, Median, 1.Quartil und Minimum) der maximalen Querdurchmesser der Eier mit Embryonen mit weiblichen Gonaden, rechts davon sind die entsprechenden Querdurchmesser der Eier mit Embryonen mit männlichen Gonaden aufgetragen.

Abbildung 4.4 zeigt den entsprechenden Box-and-Whisker-Plot aller gemessenen maximalen Querdurchmesser der 1.223 Eier. Die entsprechenden statistischen Parameter dieser Querdurchmesser sind, getrennt nach Geschlecht, in Tabelle 4.5 dargestellt.

## 4 Ergebnisse

**Tabelle 4.5:** Statistische Parameter des maximalen Querdurchmessers aller Eier dieser Studie zusammen.

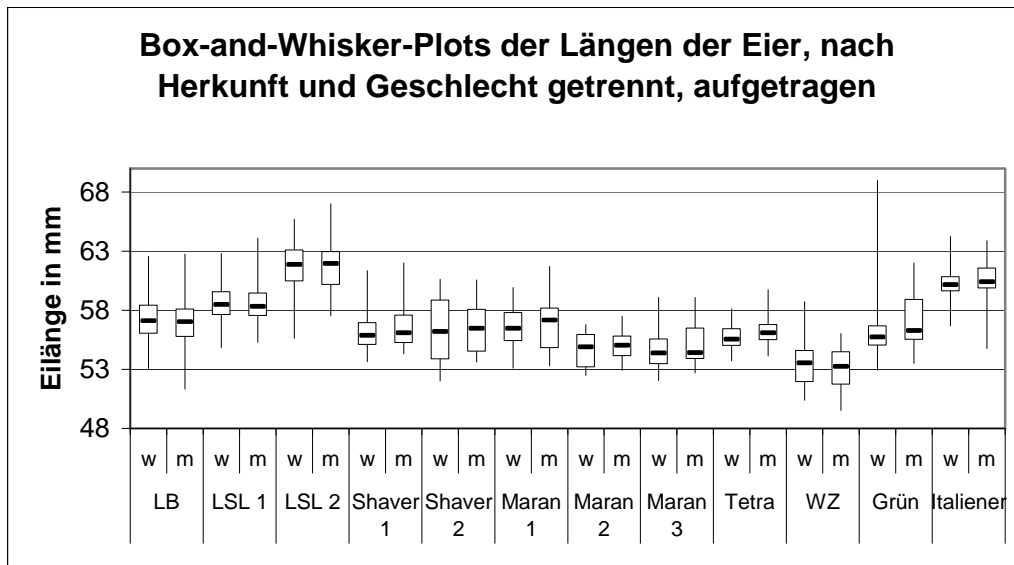
Parameter	Messungen der Eibreite in mm		Differenz w - m
	weiblich	männlich	
Arithmetischer Mittelwert	43,69	43,53	+ 0,16
Standardabweichung	1,96	1,86	+ 0,10
Maximum	48,24	48,24	0
3.Quartil	45,01	44,71	+ 0,30
Median	43,62	43,37	+ 0,25
1.Quartil	42,36	42,28	+ 0,08
Minimum	35,78	38,04	- 2,26

In einzelnen Box-and-Whisker-Plots sind die gemessenen Längen der Eier in Abbildung 4.5, jeweils nach Herkunft und Geschlecht getrennt, dargestellt.

Aus Tabelle 4.6 ist ersichtlich, dass für den größten Teil der Werte, der vermessenen Eier je Herkunft und Geschlecht, eine Normalverteilung angenommen werden kann. Die Darstellungen in Form von Histogrammen, Box-and-Whisker-Plots und QQ-Plots legen dieses Verteilungsmuster nahe und auch die Ergebnisse des Kolmogorow-Smirnow-Tests und des Shapiro-Wilk-Tests deuten auf dieses Verteilungsmuster hin.

Was den Parameter Länge angeht, sprechen lediglich bei den untersuchten Eiern mit männlichen und weiblichen Anlagen der Herkünfte Shaver 1 und Grünleger und bei den untersuchten Eiern mit männlichen Anlagen der Herkunft Shaver 2 nicht alle Untersuchungen für die Normalverteilung. Der p-Wert des Shapiro-Wilk-Test ist in diesen Fällen kleiner als 0,05, was als Grenze für die Annahme einer Normalverteilung angesehen werden kann. Der Student t-Test auf Signifikanz des Unterschiedes der arithmetischen Mittelwerte liefert in allen Fällen einen p-Wert von größer als 0,05. Damit sind die Unterschiede in keinem der Fälle signifikant.

Für die Eier, deren Tests auf Normalverteilung signifikante Abweichungen ergaben, wurde zusätzlich der Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Auch bei diesem Test berechnen sich in allen Fällen p-Werte von  $>0,05$ , weshalb die Nullhypothese, dass die Mittelwerte gleich sind, nicht abgelehnt werden kann.



**Abbildung 4.5:** Box-and-Whisker-Plot der Längen aller 1223 Eier, getrennt nach dem Geschlecht der enthaltenen Anlagen und nach der Herkunft der Eier. Dargestellt sind in der entsprechenden Form: Maximum, 3.Quartil, Median, 1.Quartil und das Minimum jeder einzelnen Herkunft der Eier.

## 4 Ergebnisse

**Tabelle 4.6:** Arithmetischer Mittelwert, Standardabweichung und p-Wert des Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung der Längen, jeweils nach Herkunft und Geschlecht getrennt, außerdem der p-Wert des Student t-Tests, der die beiden arithmetischen Mittelwerte der Geschlechter vergleicht.

Herkunft	Geschlecht: <u>M</u> ännlich <u>W</u> eiblich	Arithmet. Mittelwerte ± Standardabweichung in mm		p-Wert: Shapiro-Wilk- Test	p-Wert: Student t- Test
Lohmann Brown	W	57,24	1,76	0,15	0,32
	M	57,00	1,84	0,86	
Lohmann LSL 1	W	58,54	1,53	0,05	0,82
	M	58,49	1,58	0,88	
Lohmann LSL 2	W	61,71	2,08	0,39	0,95
	M	61,72	1,95	0,09	
Shaver 1	W	56,07	1,69	0,01	0,24
	M	56,56	1,80	0,03	
Shaver 2	W	56,29	2,79	0,12	0,57
	M	56,70	2,30	0,04	
Maran 1	W	56,55	1,66	0,23	0,67
	M	56,75	2,19	0,91	
Maran 2	W	54,73	1,49	0,36	0,55
	M	54,98	1,24	0,10	
Maran 3	W	54,58	1,50	0,08	0,16
	M	55,21	1,78	0,32	
Tetra	W	55,65	1,09	0,14	0,11
	M	56,17	1,19	0,84	
Welsumer Zwerg	W	53,57	2,08	0,48	0,39
	M	53,08	1,80	0,53	
Grünleger	W	56,42	2,98	0,01	0,48
	M	56,88	1,97	<0,01	
Italiener	W	60,16	2,00	0,12	0,75
	M	60,41	2,17	0,35	

## 4 Ergebnisse

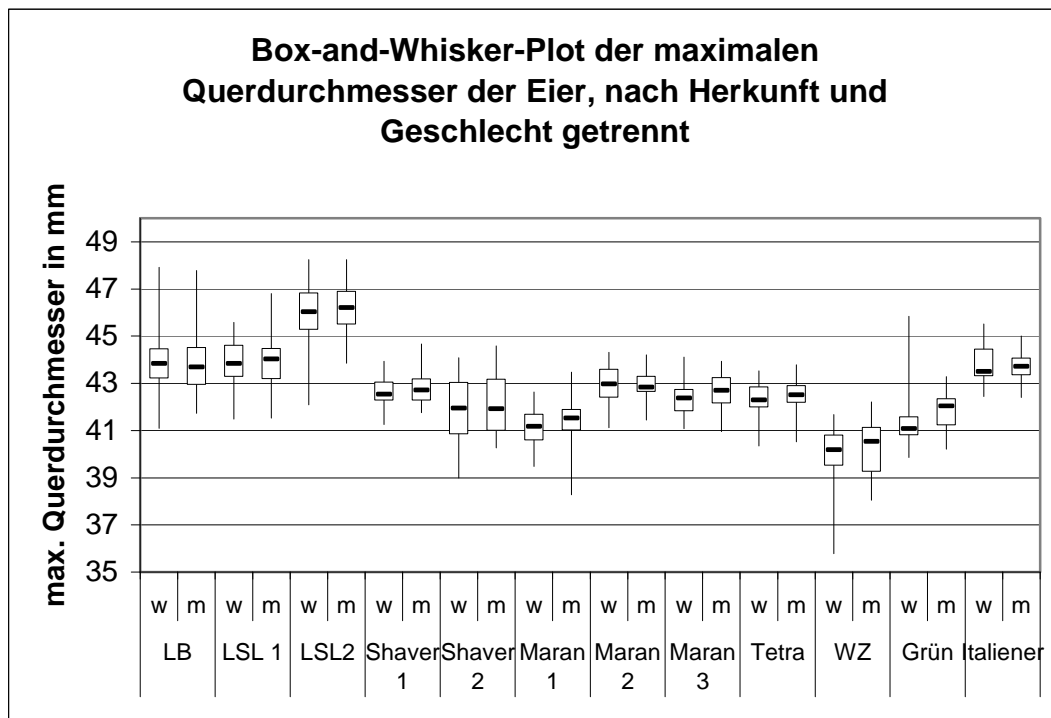
Abbildung 4.6 zeigt die entsprechenden Plots für die maximalen Querdurchmesser. Die zu der Darstellung führenden statistischen Größen sind, getrennt nach Geschlecht und Herkunft, in Tabelle 4.7 aufgezeichnet.

Wie bei den Längen ist auch bei den maximalen Querdurchmessern eine Normalverteilung der Messwerte in den meisten Fällen anzunehmen. Wiederum wurden die graphischen Darstellungen Box-and-Whisker-Plot, Histogramm und QQ-Plot als Kriterien herangezogen und auch der Kolmogorow-Smirnow-Test und der Shapiro-Wilk-Test durchgeführt. Die Ergebnisse des Shapiro-Wilk-Tests sind in Tabelle 4.6 dargestellt.

Lediglich bei den Eiern mit männlichen Küken der Herkunft Lohmann LSL 2, Welsumer Zwerge und Grünleger, sowie bei den Eiern mit weiblichen Küken der Herkunft Maran 1 sprechen die Ergebnisse des Shapiro-Wilk-Tests nicht für eine Normalverteilung, der p-Wert ist kleiner als 0,05.

Tabelle 4.7 zeigt ebenfalls den p-Wert des Student t-Tests. Er ist in allen Fällen größer als 0,05. Damit kann kein signifikanter Unterschied der arithmetischen Mittelwerte festgestellt werden.

Bei den Eiern der Herkunft Lohmann LSL 2, Welsumer Zwerg, Grünleger und Maran 1 wurde zusätzlich der Mann-Whitney-U-Test durchgeführt, welche Mittelwerte von nicht normalverteilten Stichproben vergleicht. Die p-Werte liegen in allen Fällen deutlich oberhalb des Signifikanzniveaus von 0,05. Damit sind alle Unterschiede nicht signifikant.



**Abbildung 4.6:** Box-and-Whisker-Plot der maximalen Querdurchmesser aller 1223 Eier der Studie, getrennt nach der Herkunft der Eier und nach dem Geschlecht der enthaltenen Anlagen. Dargestellt sind in der entsprechenden Form: Maximum, 3.Quartil, Median, 1.Quartil und das Minimum jeder einzelnen Herkunft.

## 4 Ergebnisse

**Tabelle 4.7:** Arithmetischer Mittelwert, Standardabweichung und P-Wert des Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung des maximalen Querdurchmessers, jeweils nach Herkunft und Geschlecht getrennt, außerdem der p-Wert des Student t-Tests, der die beiden arithmetischen Mittelwerte der Geschlechter vergleicht.

Herkunft	Geschlecht: <u>M</u> ännlich <u>W</u> eiblich	Arithmet. Mittelwerte ± Standardabweichung in mm		p-Wert: Shapiro- Wilk-Test	p-Wert: Student t- Test
Lohmann Brown	W	43,87	1,08	0,32	0,36
	M	43,74	1,12	0,10	
Lohmann LSL 1	W	43,88	0,91	0,53	0,88
	M	43,90	1,01	0,17	
Lohmann LSL 2	W	46,01	1,15	0,21	0,95
	M	46,17	1,00	0,02	
Shaver 1	W	42,61	0,65	0,34	0,24
	M	42,81	0,70	0,84	
Shaver 2	W	41,92	1,33	0,06	0,59
	M	42,11	1,26	0,10	
Maran 1	W	41,14	0,72	0,01	0,23
	M	41,37	0,90	0,93	
Maran 2	W	42,94	0,97	0,48	0,98
	M	42,95	0,61	0,44	
Maran 3	W	42,36	0,79	0,85	0,19
	M	42,64	0,80	0,29	
Tetra	W	42,30	0,84	0,05	0,55
	M	42,44	0,80	0,14	
Welsumer Zwerg	W	39,96	1,33	0,23	0,40
	M	40,27	1,13	0,01	
Grünleger	W	41,37	1,08	0,39	0,06
	M	41,83	0,77	<0,01	
Italiener	W	43,80	0,85	1,00	0,79
	M	43,72	0,62	0,48	

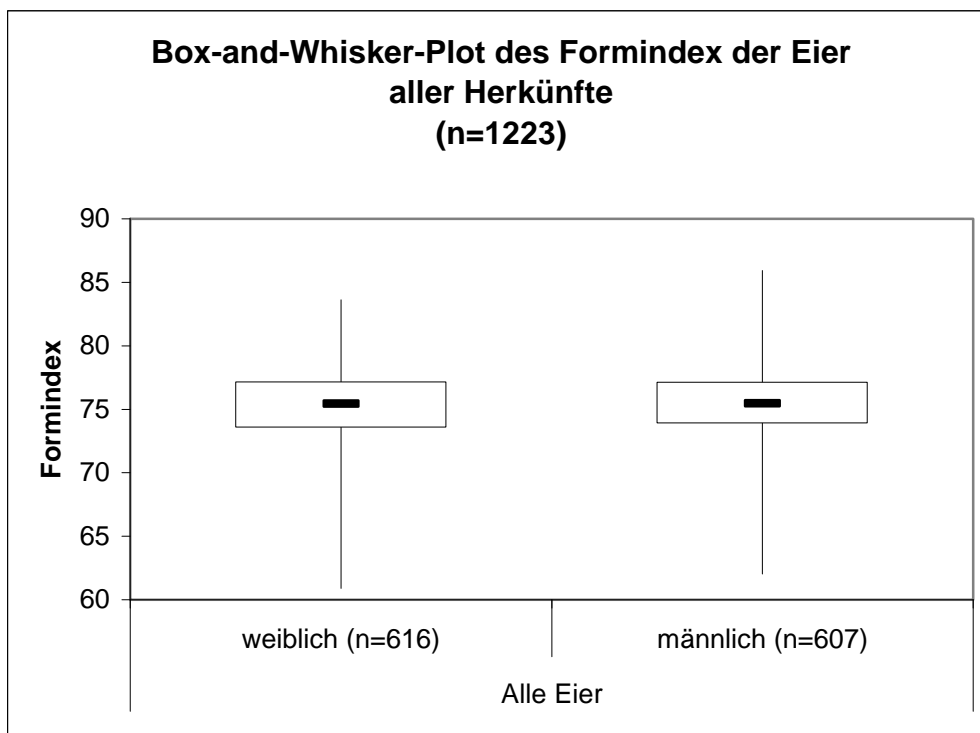


#### 4.5 Formindex

Der arithmetische Mittelwert des Formindex aller 1.223 Eier beträgt 75,35 bei einer Standardabweichung von 2,78. Der arithmetische Mittelwert aller Eier mit weiblichen Anlagen beträgt 75,29, Standardabweichung 2,80. Der arithmetische Mittelwert der Eier mit männlichen Anlagen beträgt 75,41, Standardabweichung 2,75.

In Abbildung 4.7 ist die Gesamtheit aller Eier in Form zweier Box-and-Whisker-Plots dargestellt. Dazu wurden die Eier in solche mit weiblichen Anlagen und solche mit männlichen Anlagen getrennt und mit Hilfe von maximalem und minimalem Formindex, 1. und 3.Quartil, sowie des Median, in vier gleichstarke Bereiche aufgeteilt und so die Darstellung als Box-and-Whisker-Plots ermöglicht.

Die dazugehörigen statistischen Größen sind in Tabelle 4.8 aufgeführt.



**Abbildung 4.7:** Box-and-Whisker-Plot der Formindices aller 1223 Eier der Studie, getrennt nach dem Geschlecht der Embryonen. Dargestellt sind in der entsprechenden Form: Maximum, 3.Quartil, Median, 1.Quartil und das Minimum.

## 4 Ergebnisse

**Tabelle 4.8:** Statistische Parameter des Formindex aller Eier dieser Studie gemeinsam.

Parameter	Berechnungen des Formindex		Differenz w-m
	weiblich	männlich	
Arithmetischer Mittelwert	75,29	75,41	- 0,12
Standardabweichung	2,80	2,75	+ 0,05
Maximum	83,61	85,91	- 2,30
3.Quartil	77,15	77,13	+ 0,02
Median	75,44	75,46	- 0,02
1.Quartil	73,57	73,91	- 0,34
Minimum	60,91	62,03	- 1,12

Betrachtet man die Eier der einzelnen Herkünfte getrennt voneinander, in Form eines Histogramms dargestellt, so kann man die Verteilung der Formindices der Eier, nach Geschlecht getrennt, gut vergleichen. Die folgenden Abbildungen (4.8 bis 4.19) stellen die berechneten Formindices der einzelnen Herkünfte, sowie die dazugehörigen Normalverteilungen graphisch dar.

Das Klassenmittel entspricht jeweils einer ganzen Zahl. Die Klassenbreite beträgt 1. Das heißt, in den folgenden Histogrammen sind die Klassen der Formindices von 60 bis 90 dargestellt. Das entspricht 30 Klassen, die jeweils dem auf eine ganze Zahl gerundeten Formindex entsprechen. Die Klasse des häufig vorkommenden Formindex 75 reicht also von Formindex 74,50 bis 75,49. Die Höhe der Klassen entspricht der Häufigkeit ihres Vorkommens in % von n des jeweiligen Geschlechts.

### 4.5.1 Lohmann Brown

Von den 228 Eiern der Herkunft Lohmann Brown, die in diese Studie eingingen, enthielten 108 weibliche Embryonen und 120 männliche Embryonen.

Die 108 Eier, die weibliche Embryonen enthielten, wiesen Formindices zwischen 70,29 und 83,61 auf, das ist eine Spannweite von 13,32. Sie teilen sich in 14 Klassen auf, von denen die Klasse 76 am stärksten besetzt ist. Der Median des Formindex beträgt 76,36.

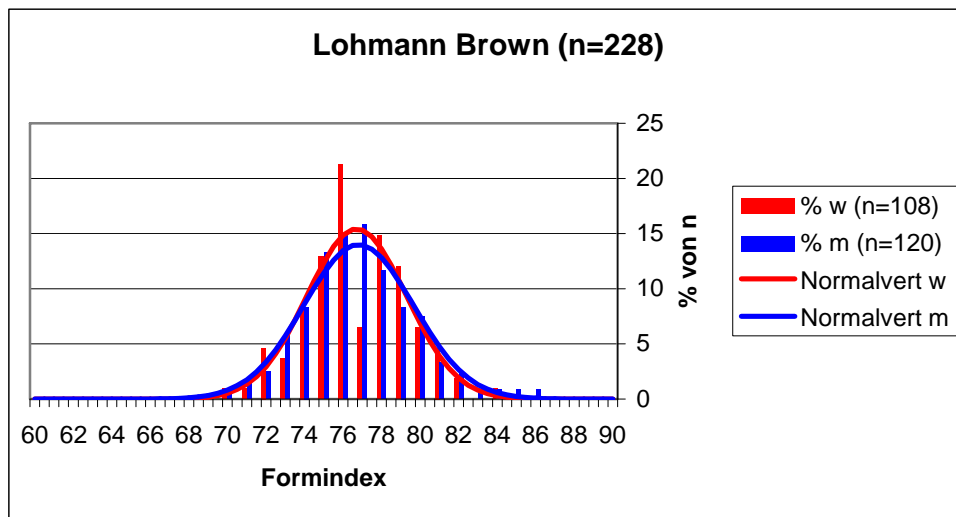
Der arithmetische Mittelwert beträgt 76,71 bei einer Standardabweichung von 2,59. Das Histogramm, der Box-and-Whisker-Plot und der QQ-Plot lassen eine Normalverteilung der Werte vermuten und auch der p-Wert liegt beim Kolmogorow-Smirnow-Test mit 0,2 deutlich über der Grenze von 0,05, die zum Ablehnen der Annahme, es läge eine Normalverteilung vor, führen würde. Doch der p-Wert der Shapiro-Wilk-Tests liegt mit 0,03 unterhalb der Grenze von 0,05. Das spricht gegen die Normalverteilung.

Die 120 untersuchten Eier der Herkunft Lohmann Brown mit männlichen Embryonen ergaben Formindices zwischen 70,04 und 85,91, das ist eine Spannweite von 15,87. Die 120 Formindices teilen sich in 17 Klassen, wie auf Abbildung 4.8 zu sehen ist. Die am stärksten besetzte Klasse ist die des Formindex 77. Der Median des Formindex der Eier mit männlichen Embryonen beträgt 76,69.

Bei einer Standardabweichung von 2,85 beträgt der arithmetische Mittelwert 76,81.

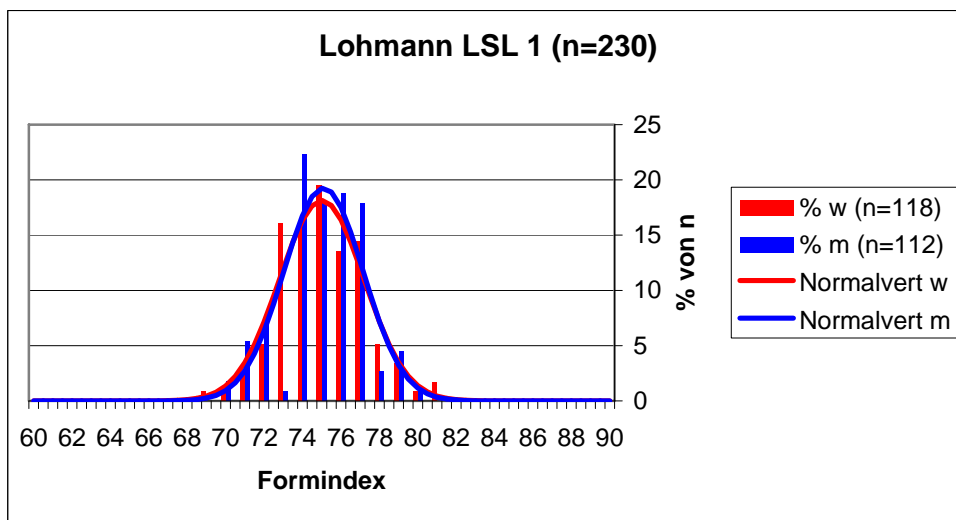
Alle angestellten Untersuchungen und Berechnungen lassen eine Normalverteilung vermuten. Sowohl die graphischen Darstellungen, als auch die Berechnungen liefern keine Ergebnisse, die gegen diese Annahme sprächen. Die p-Werte des Kolmogorow-Smirnow-Tests sowie des Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung sind 0,2 bzw. 0,27.

Beim Vergleich der Ergebnisse der Geschlechter zeigt sich ein Unterschied beim Median von 0,33, beim arithmetischen Mittelwert ein Unterschied von 0,10. Wendet man den Student t-Test an, um die Signifikanz des Unterschieds der Mittelwerte zu überprüfen, so ist das Ergebnis ein p-Wert von 0,78 bei 226 Freiheitsgraden. Der Unterschied kann bei diesem Test, ab einem p-Wert von kleiner als 0,05, als signifikant betrachtet werden. Der Mann-Whitney-Test liefert einen p-Wert von 0,96. Der Unterschied der Mittelwerte kann damit als nicht signifikant angesehen werden.



**Abbildung 4.8:** Histogramme des Formindex der Herkunft Lohmann Brown und die dazugehörige, aus arithmetischem Mittelwert und Standardabweichung rechnerisch bestimmte Normalverteilung, nach Geschlecht getrennt. Es wurden jeweils Klassen mit der Klassenmitte eines, auf eine ganze Zahl gerundeten Formindex gebildet. Die Klassenbreite beträgt 1. Die Verteilung der Stichprobe der Eier mit weiblichen Anlagen entspricht:  $N(76,71; 2,59)$ , die der Eier mit männlichen Anlagen:  $N(76,81; 2,85)$ .

#### 4.5.2 Lohmann LSL 1



**Abbildung 4.9:** Histogramme des Formindex der Herkunft Lohmann LSL 1 und die dazugehörige Normalverteilung, nach Geschlecht getrennt. Es wurden jeweils Klassen mit der Klassenmitte eines, auf eine ganze Zahl gerundeten Formindex gebildet. Die Klassenbreite beträgt 1.

Die Verteilung der Stichprobe der Eier mit weiblichen Anlagen entspricht:  $N(75,00; 2,20)$ , die der Eier mit männlichen Anlagen:  $N(75,09; 2,07)$ .

## 4 Ergebnisse

Von den 230 Eiern der Herkunft Lohmann LSL 1 enthielten 118 weibliche und 112 männliche Embryonen.

Die Eier, in denen sich weibliche Embryonen befanden, weisen Formindices zwischen 69,11 und 81,35 auf. Das ist eine Spannweite von 12,24. Die 118 Messwerte wurden für die Darstellung als Histogramm, Abbildung 4.9, in 13 Klassen eingeteilt, von denen die Klasse des Formindex 75 am stärksten besetzt ist. Der Median dieser Stichprobe beträgt 74,9, er fällt somit auch in die am stärksten besetzte Klasse.

Der arithmetische Mittelwert beträgt 75,00 bei einer Standardabweichung von 2,2. Die Werte des Formindex können als normalverteilt angesehen werden, sowohl die graphischen Darstellungen, als auch die zum Test auf Normalverteilung eingesetzten Verfahren sprechen für dieses Verteilungsmuster. Die p-Werte des Kolmogorow-Smirnow-Tests, sowie des Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung, sprechen mit 0,05 bzw. 0,20 für dieses Verteilungsmuster.

Die 112 Eier mit männlichen Embryonen der Herkunft Lohmann LSL 1 weisen Formindices zwischen 69,94 und 80,32 auf, das ist eine Spannweite von 10,38. Es werden 11 Klassen im Histogramm besetzt (Abbildung 4.9). Bei den Eiern mit männlichen Anlagen liegt der Median mit 75,11 nicht in der am stärksten besetzten Klasse 74.

Der arithmetische Mittelwert des Formindex der Eier mit männlichen Embryonen liegt bei dieser Herkunft bei 75,09, die Standardabweichung ist 2,07.

Auch für die männlichen Eier ist eine Normalverteilung anzunehmen. Histogramm, Box-and-Whisker-Plot und QQ-Plot lassen eine Normalverteilung vermuten. Auch die Ergebnisse des Kolmogorow-Smirnow-Tests und des Shapiro-Wilk-Tests mit p-Werten von 0,2 und 0,46 sprechen nicht gegen diese Annahme.

Der Unterschied des Median der Eier mit weiblichen Anlagen und derer mit männlichen Anlagen beträgt 0,21. Der Unterschied des arithmetischen Mittelwertes beträgt 0,09. Dieser Unterschied ist nicht signifikant. Der Student t-Test liefert bei 228 Freiheitsgraden einen p-Wert von 0,76.

### 4.5.3 Lohmann LSL 2

Insgesamt konnte der Formindex von 269 der 277 Eier dieser Herkunft ausgewertet werden. 156 dieser Eier enthielten weibliche Embryonen, 113 männliche.

Die 156 weiblichen Eier wiesen Formindices zwischen 68,30 und 82,82 auf, bei einem Median von 74,63. Das ist eine Spannweite von 14,51. Die Formindices teilen sich in 14 Klassen, die in der Breite jeweils einem ganzen Formindex entsprechen, auf. Die größte Klasse reicht von Formindex 73,50 bis 74,49.

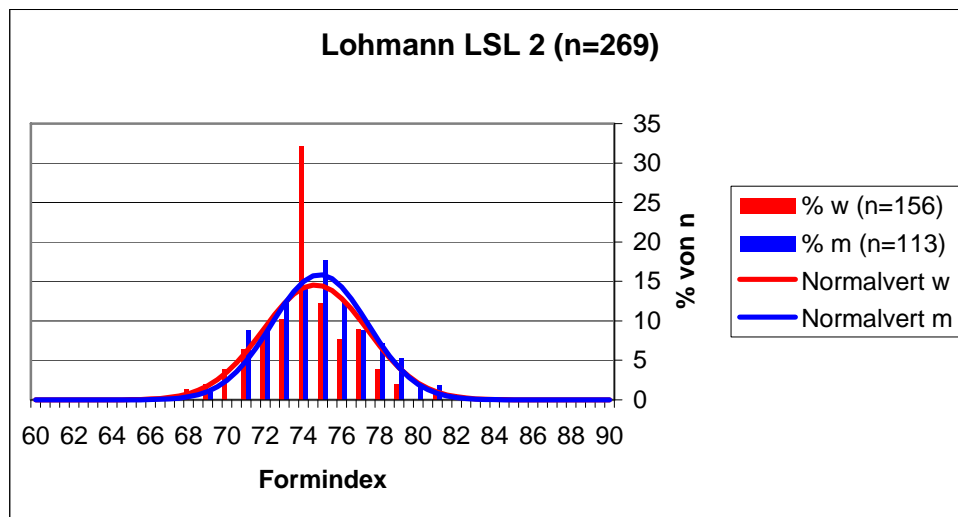
Der arithmetische Mittelwert des Formindex der weiblichen Eier der Herkunft Lohmann LSL 2 beträgt 74,62, bei einer Standardabweichung von 2,74. Für die Werte kann eine Normalverteilung angenommen werden, sowohl die graphischen Darstellungen der Werte, wie z. B. das Histogramm, Abbildung 4.10, als auch die Ergebnisse der statistischen Tests auf Normalverteilung legen diese Verteilung nahe. Der p-Wert des Kolmogorow-Smirnow-Tests ist 0,2, der des Shapiro-Wilk-Tests 0,39.

Die Berechnung der Formindices der 113 Eier mit männlichen Embryonen ergaben Ergebnisse zwischen 69,18 und 81,10. Das ist eine Spannweite von 11,92. Der Median ist 74,83.

Der arithmetische Mittelwert des Formindex der Eier mit männlichen Embryonen beträgt 74,85, die Standardabweichung ist 2,52. Auch den Werten der Eier mit männlichen Embryonen scheint eine Normalverteilung zugrunde zu liegen. Wiederum ergeben graphische Darstellungen, wie das in Abbildung 4.10 dargestellte Histogramm, typische Erscheinungen für eine normalverteilte Datenreihe. Und auch die Ergebnisse des Kolmogorow-Smirnow-Tests und des Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung liefern p-Werte von 0,2 bzw. 0,80.

Der Unterschied des Medians der Eier, in denen sich weibliche Embryonen befanden, von dem der Eier, in denen sich männliche Embryonen befanden, ist 0,20. Der Unterschied des arithmetischen Mittelwertes beträgt 0,23. Der Student t-Test liefert für den Unterschied der Mittelwerte einen p-Wert von 0,48, bei berechneten 252,5 Freiheitsgraden. Der Unterschied kann also als nicht signifikant betrachtet werden.

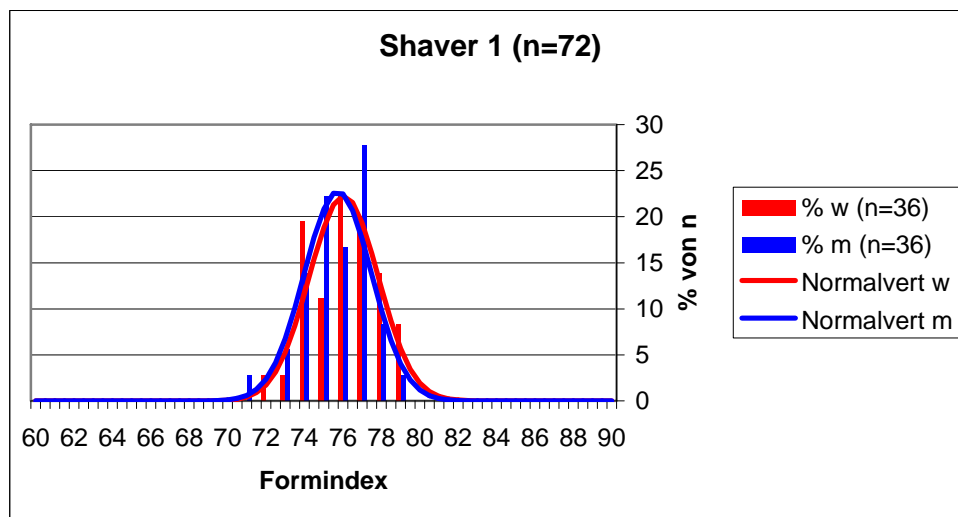
## 4 Ergebnisse



**Abbildung 4.10:** Histogramme des Formindex der Herkunft Lohmann LSL 2 und die dazugehörige Normalverteilung, nach Geschlecht getrennt. Es wurden jeweils Klassen mit der Klassenmitte eines, auf eine ganze Zahl gerundeten Formindex gebildet, die Klassenbreite beträgt 1. Die untere Klassengrenze gehört zur Klasse.

Die Verteilung der Stichprobe der Eier mit weiblichen Anlagen entspricht:  $N(74,62; 2,74)$ , die der Eier mit männlichen Anlagen:  $N(74,85; 2,51)$ .

### 4.5.4 Shaver 1



**Abbildung 4.11:** Histogramme des Formindex der Henne Shaver 1 und die dazugehörige Normalverteilung, nach Geschlecht getrennt aufgetragen. Es wurden jeweils Klassen mit der Klassenmitte eines, auf eine ganze Zahl gerundeten Formindex gebildet, die Klassenbreite beträgt 1. Die untere Klassengrenze gehört zur Klasse.

Die Verteilung der Stichprobe der Eier mit weiblichen Anlagen entspricht:  $N(76,04; 1,79)$ , die der Eier mit männlichen Anlagen:  $N(75,73; 1,75)$ .

## 4 Ergebnisse

Von der Henne Shaver 1 wurde der Formindex von insgesamt 72 Eiern berechnet. Genau die Hälfte enthielt weibliche Embryonen, die andere Hälfte enthielt männliche Embryonen.

Die 36 Eier, die weibliche Embryonen enthielten, wiesen Formindices zwischen 71,63 und 79,16 auf, das ist eine Spannweite von 7,53. Die berechneten Formindices besetzten insgesamt 8 Klassen im Histogramm (Abbildung 4.11). Formindex 76 ist die am stärksten besetzte Klasse. Der Median des Formindex der Eier mit weiblichen Embryonen dieser Herkunft ist 76,16.

Die Werte können, bei einem arithmetischen Mittelwert von 76,04 und einer Standardabweichung von 1,79, als normalverteilt betrachtet werden. Sowohl graphische Überprüfungen, Histogramm, Box-and-Whisker-Plot und QQ-Plot, als auch Tests auf Normalverteilung, deuten auf dieses Verteilungsmuster hin. Der p-Wert des Kolmogorow-Smirnow-Tests beträgt 0,2, der des Shapiro-Wilk-Tests 0,80.

Die Formindices der 36 Eier dieser Herkunft, die männliche Embryonen enthielten, liegen zwischen 71,22 und 79,23. Somit ergibt sich eine Spannweite von 8,01. Der Median ist 75,90. Auch die Eier mit männlichen Embryonen besetzten 8 Klassen im Histogramm (Abbildung 4.11).

Ebenso wie bei den Formindices der Eier mit weiblichen Embryonen, kann auch bei den Formindices der Eier mit männlichen Embryonen eine Normalverteilung angenommen werden. Wiederum wurden die erwähnten graphischen Darstellungen, sowie die statistischen Tests, Kolmogorow-Smirnow und Shapiro-Wilks, zur Prüfung auf Normalverteilung eingesetzt. Als p-Werte ergeben sich 0,2 bzw. 0,84. Somit kann auch bei den Eiern mit männlichen Embryonen, bei einem arithmetischen Mittelwert von 75,73 und einer Standardabweichung von 1,75, von einer Normalverteilung ausgegangen werden.

Der Unterschied zwischen weiblichem und männlichem Median beträgt 0,26, zwischen den Mittelwerten 0,31. Der Student t-Test auf Signifikanz der Mittelwerte liefert, bei 69,97 Freiheitsgraden, einen p-Wert von 0,47. Somit kann der Unterschied der Mittelwerte nicht als signifikant angesehen werden.



### 4.5.5 Shaver 2

Insgesamt wurde der Formindex von 52 Eiern der Henne Shaver 2 berechnet. 27 davon enthielten weibliche, 25 männliche Embryonen.

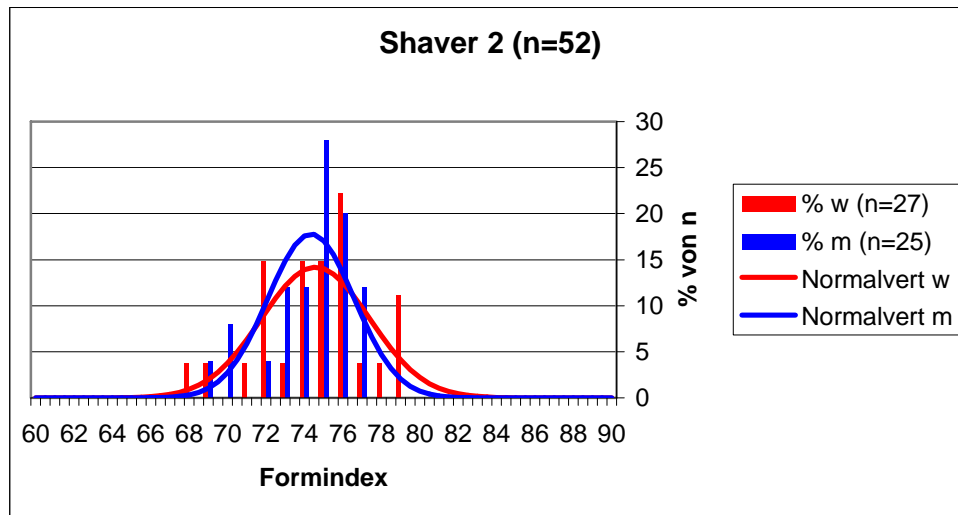
Die Eier mit weiblichen Embryonen wiesen Formindices zwischen 68,34 und 79,47 auf, die Eier mit männlichen Embryonen Werte zwischen 69,37 und 77,44. Somit ergibt sich für die Eier mit weiblichen Embryonen eine Spannweite von 11,13, für die Eier mit männlichen Embryonen eine Spannweite von 8,07. Die Eier mit weiblichen Embryonen besetzen dabei 11 Klassen, von denen die Klasse 76 am stärksten besetzt ist, die Eier mit männlichen Embryonen besetzen nur 8 Klassen, die Klasse 75 ist in diesem Falle die am stärksten besetzte Klasse (Abbildung 4.12). Der Median der Eier mit weiblichen Embryonen ist 75,22, der der Eier mit männlichen Embryonen ist 74,85.

Für die Eier mit weiblichen Embryonen wird ein arithmetischer Mittelwert von 74,57, bei einer Standardabweichung von 2,81, berechnet. Einige Ergebnisse deuten auf Abweichungen von einer Normalverteilung hin. Wie schon beim Histogramm (Abbildung 4.12) zu sehen ist, ist die Verteilung sehr unregelmäßig. Und auch der p-Wert des Shapiro-Wilk-Tests, 0,04, liegt unter der Grenze von 0,05, die eine Normalverteilung nahe legen würde. Der p-Wert des Kolmogorow-Smirnow-Tests allerdings zeigt keine signifikante Abweichung von der Normalverteilung, er liegt bei 0,14.

Der Formindex der Eier mit männlichen Anlagen scheint wiederum normalverteilt zu sein, der arithmetische Mittelwert ist 74,34, die Standardabweichung 2,24. Die graphischen Darstellungen und die Ergebnisse der statistischen Tests auf Normalverteilung nach Kolmogorow-Smirnow und Shapiro-Wilk bestätigen diese Annahme mit p-Werten von 0,2 und 0,41.

Der Student t-Test auf Signifikanz des Unterschieds der Mittelwerte, ergibt einen p-Wert von 0,74, bei 48,96 Freiheitsgraden. Somit ist der Unterschied der Mittelwerte in Höhe von 0,23 nicht signifikant.

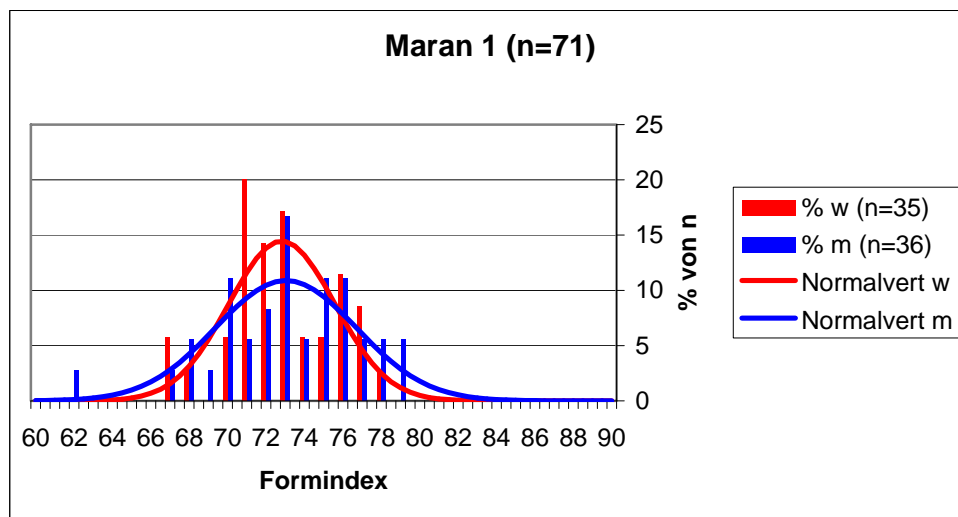
Aufgrund der Ergebnisse des Shapiro-Wilk-Tests wurde zusätzlich zum Student t-Test ein Mann-Whitney U-Test durchgeführt. Er liefert einen p-Wert von 0,85. Da auch hier von einem Signifikanzniveau von 0,05 ausgegangen wird, bestätigt dieser Test, dass der Unterschied der Mittelwerte nicht signifikant ist.



**Abbildung 4.12:** Histogramme des Formindex der Henne Shaver 2 und die dazugehörige Normalverteilung, nach Geschlecht getrennt aufgetragen. Es wurden jeweils Klassen mit der Klassenmitte eines, auf eine ganze Zahl gerundeten Formindex gebildet, die Klassenbreite beträgt 1. Die untere Klassengrenze gehört zur Klasse.

Die Verteilung der Stichprobe der Eier mit weiblichen Anlagen entspricht:  $N(74,57; 2,81)$ , die der Eier mit männlichen Anlagen:  $N(74,34; 2,24)$ .

#### 4.5.6 Maran 1



**Abbildung 4.13:** Histogramme des Formindex der Henne Maran 1 und die dazugehörige Normalverteilung, nach Geschlecht getrennt aufgetragen. Es wurden jeweils Klassen mit der Klassenmitte eines, auf eine ganze Zahl gerundeten Formindex gebildet, die Klassenbreite beträgt 1. Die untere Klassengrenze gehört zur Klasse.

Die Verteilung der Stichprobe der Eier mit weiblichen Anlagen entspricht:  $N(72,82; 2,76)$ , die der Eier mit männlichen Anlagen:  $N(73,03; 3,66)$ .

## 4 Ergebnisse

Der Formindex wurde, bei der Henne Maran 1, von 71 Eiern untersucht. 35 davon enthielten weibliche, 36 männliche Embryonen.

Die Eier mit weiblichen Embryonen wiesen Formindices zwischen 67,03 und 77,54 auf, das entspricht einer Spannweite von 10,51. Die am stärksten besetzte Klasse ist die des Formindex 71. Der Median ist 72,59.

Für die Formindices der Eier dieser Henne mit weiblichen Anlagen kann, bei einem arithmetischen Mittelwert von 72,82 und einer Standardabweichung von 2,76, eine Normalverteilung angenommen werden. Sowohl die durchgeführten graphischen Untersuchungen, wie zum Beispiel das Histogramm (Abbildung 4.13), als auch die statistischen Tests auf Normalverteilung, lassen diesen Schluss zu. Der p-Wert des Kolmogorow-Smirnow-Tests liegt bei 0,2 und der des Shapiro-Wilk-Tests bei 0,25, also beide deutlich über 0,05.

Die Formindices der Eier mit männlichen Embryonen ergeben Werte zwischen 62,03 und 78,77, wobei der Formindex 62,03 als Ausreißer zu betrachten ist. Die Spannweite liegt somit bei 16,73, der Median bei 72,93.

Auch die Formindices der Eier mit männlichen Embryonen können als normalverteilt gelten. Beurteilt wurden Histogramm (Abbildung 4.13), Box-and-Whisker-Plot und QQ-Plot sowie die statistischen Tests Kolmogorow-Smirnow-Tests und Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung. Sie liefern p-Werte von 0,2 und 0,25.

Der arithmetische Mittelwert der Eier mit männlichen Embryonen liegt bei 73,03, die Standardabweichung bei 3,66.

Der Unterschied der Mediane der Eier mit weiblichen und männlichen Embryonen beträgt 0,34, der Unterschied der arithmetischen Mittelwerte 0,21. Bei der Überprüfung der Signifikanz mit dem Student t-Test wird ein p-Wert von 0,78 berechnet, bei 65 Freiheitsgraden. Der Unterschied der Mittelwerte ist somit nicht signifikant.

### 4.5.7 Maran 2

Von der Henne Maran 2 wurde der Formindex von insgesamt 49 Eiern untersucht. 18 dieser Eier enthielten weibliche und 31 enthielten männliche Embryonen.

Von den 18 Eiern mit weiblichen Embryonen wurden Formindices von 74,81 bis 81,51 berechnet, das entspricht einer Spannweite von 6,70. Der Median liegt bei 78,63, die am stärksten besetzte Klasse des Histogramms ist, wie auf Abbildung 4.14 zu sehen, die des Formindexes 77.

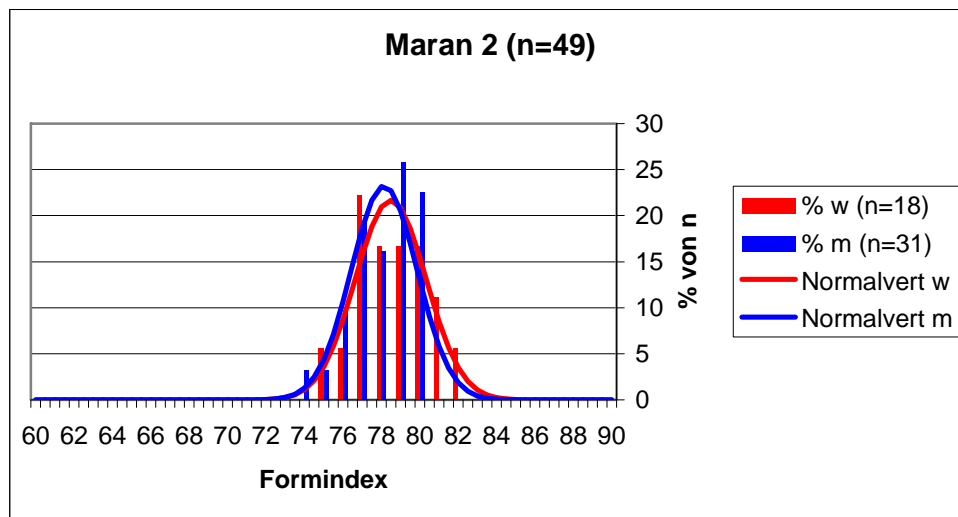
Der arithmetische Mittelwert dieser Eier ist 78,48, bei einer Standardabweichung von 1,84. Als Verteilung der Werte des Formindex kann die Normalverteilung angenommen werden. Sowohl graphische, als auch statistische Tests sprechen nicht gegen diese Annahme. Beurteilt wurden, wie bei allen Herkünften, das Histogramm, der Box-and-Whisker-Plot sowie ein QQ-Plot. An statistischen Test wurden der Kolmogorow-Smirnow-Tests und der Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung durchgeführt. Die berechneten p-Werte sind 0,20, beziehungsweise 0,19.

Die 31 Eier dieser Henne, die männliche Embryonen enthielten, ergaben Formindices zwischen 73,93 und 80,48. Das ist eine Spannweite von 6,55. Der Median der Eier mit männlichen Embryonen ist 78,32. Die größte Klasse im Histogramm ist 79.

Auch die männlichen Eier dieser Henne können, bei einem arithmetischen Mittelwert von 78,14 und eine Standardabweichung von 1,72, als normalverteilt bezeichnet werden. Es wurden die gleichen Untersuchungen durchgeführt, wie bei den weiblichen Eiern. Die beiden Histogramme und die dazugehörige Normalverteilung sind in Abbildung 4.14 dargestellt. Die p-Werte des Kolmogorow-Smirnow-Tests und des Shapiro-Wilk-Tests sind 0,20, beziehungsweise 0,93.

Der Unterschied des Median der Eier mit weiblichen und männlichen Embryonen beträgt 0,31. Der Unterschied des arithmetischen Mittelwertes beträgt 0,34. Die Signifikanz dieses Unterschiedes wurde mit Hilfe des Student t-Testes überprüft. Der p-Wert dieses Tests ist bei 33,67 Freiheitsgraden 0,52. Der Unterschied der arithmetischen Mittelwerte ist somit nicht signifikant.

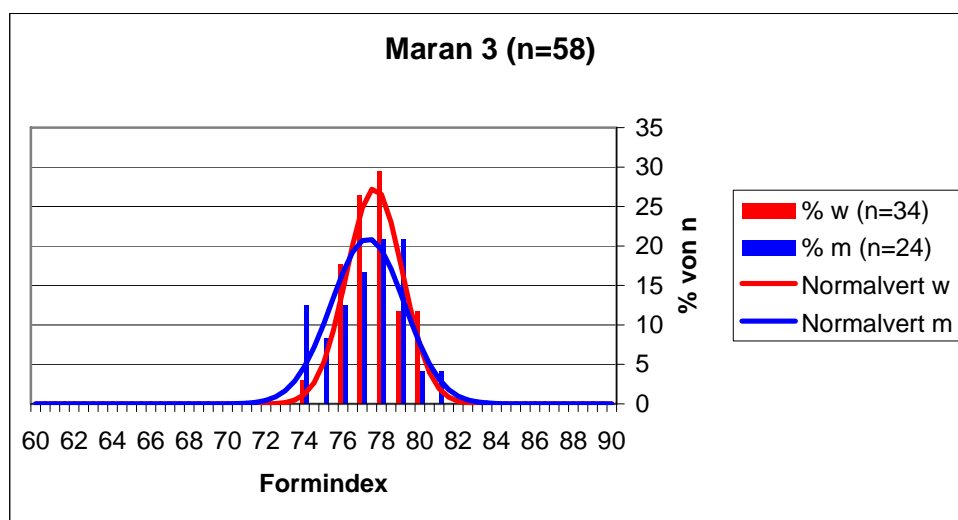
## 4 Ergebnisse



**Abbildung 4.14:** Histogramme des Formindex der Henne Maran 2 und die dazugehörige Normalverteilung, nach Geschlecht getrennt aufgetragen. Es wurden jeweils Klassen mit der Klassenmitte eines auf eine ganze Zahl gerundeten Formindex gebildet, die Klassenbreite beträgt 1. Die untere Klassengrenze gehört zur Klasse.

Die Verteilung der Stichprobe der Eier mit weiblichen Anlagen entspricht:  $N(78,48; 1,84)$ , die der Eier mit männlichen Anlagen:  $N(78,14; 1,72)$ .

### 4.5.8 Maran 3



**Abbildung 4.15:** Histogramme des Formindex der Henne Maran 3 und die dazugehörige Normalverteilung, nach Geschlecht getrennt aufgetragen. Es wurden jeweils Klassen mit der Klassenmitte eines auf eine ganze Zahl gerundeten Formindex gebildet, die Klassenbreite beträgt 1. Die untere Klassengrenze gehört zur Klasse.

Die Verteilung der Stichprobe der Eier mit weiblichen Anlagen entspricht:  $N(77,64; 1,46)$ , die der Eier mit männlichen Anlagen:  $N(77,29; 1,91)$ .

## 4 Ergebnisse

Insgesamt wurden 58 Eier der Henne Maran 3 untersucht. Davon enthielten 34 weibliche und 24 männliche Embryonen.

Der Formindex der Eier mit weiblichen Embryonen liegt zwischen 73,58 und 80,33. Das ist eine Spannweite von 6,75. Der Median 77,77 liegt in der am stärksten besetzten Klasse des Histogramms, 78. Das Histogramm ist in Abbildung 4.15 dargestellt. Insgesamt sind 6 Klassen besetzt.

Der arithmetische Mittelwert der Eier mit weiblichen Embryonen liegt, bei einer Standardabweichung von 1,46, bei 77,64. Mit Hilfe graphischer Darstellungen und der statistischen Tests Kolmogorow-Smirnow-Tests und Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung kann keine signifikante Abweichung von einer Normalverteilung für den Formindex der Eier mit weiblichen Embryonen dieser Henne festgestellt werden. Der p-Wert des Kolmogorow-Smirnow-Tests ist 0,10, der des Shapiro-Wilk-Tests ist 0,21.

Die Eier mit männlichen Embryonen dieser Henne weisen Formindices zwischen 74,19 und 81,40 auf. Das ist eine Spannweite von 7,21. Insgesamt sind 8 Klassen des Histogramms besetzt, von denen die Klasse 79 am stärksten besetzt ist. Der Median des Formindex der Eier mit männlichen Embryonen ist 77,70.

Der arithmetische Mittelwert der Eier mit männlichen Embryonen ist 77,29, bei einer Standardabweichung von 1,91. Die auch bei den Eiern mit weiblichen Embryonen angewendeten Tests bezüglich der Verteilung der Werte, lassen auch bei den Eiern dieser Henne mit männlichen Embryonen den Schluss einer zugrunde liegenden Normalverteilung der Werte des Formindex zu. Der p-Wert des Kolmogorow-Smirnow-Tests auf Normalverteilung ist 0,20, der des Shapiro-Wilk-Tests 0,73.

Vergleicht man die beiden Geschlechter, so ergibt sich für die Mediane ein Unterschied von 0,07 und für die arithmetischen Mittelwerte ein Unterschied von 0,35.

Bei der Überprüfung der Signifikanz des Unterschiedes der arithmetischen Mittelwerte liefert der Student t-Test bei 41,08 Freiheitsgraden einen p-Wert von 0,45. Der Unterschied ist damit nicht signifikant.

### 4.5.9 Tetra

Von der Henne Tetra wurde der Formindex von 24 Eiern, die weibliche Embryonen enthielten und 27 Eiern mit männlichen Embryonen untersucht. Insgesamt also von 51 Eiern.

Die Formindices der Eier mit weiblichen Embryonen liegen zwischen 72,98 und 79,59. Das entspricht einer Spannweite von 6,615. Sie teilen sich insgesamt in 8 Klassen ein, von denen die Klasse des Formindex 77 am stärksten besetzt ist. Der Median der Eier mit weiblichen Embryonen liegt bei 75,87.

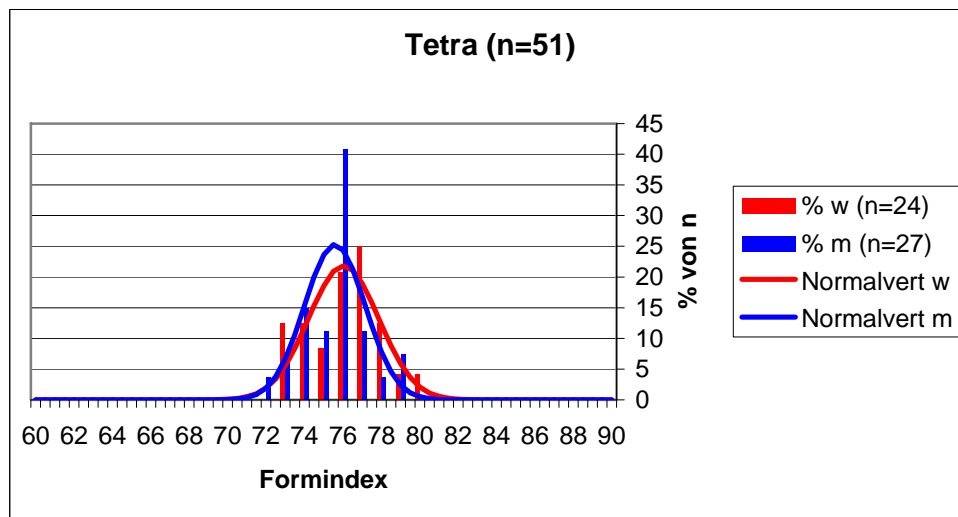
Der arithmetische Mittelwert ist 76,03, bei einer Standardabweichung von 1,83. Bei den Werten kann von einer Normalverteilung ausgegangen werden. Sowohl graphische Darstellungen der Werte des Formindex, wie zum Beispiel das Histogramm, Abbildung 4.16, als auch statistische Untersuchungen wie der Kolmogorow-Smirnow-Test und der Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung legen diesen Schluss nahe. Als p-Werte der beiden Tests ergeben sich 0,12 und 0,39.

Die Formindices der Eier mit männlichen Embryonen liegen zwischen 71,66 und 78,89. Das ist eine Spannweite von 7,23. Diese Formindices lassen sich im Histogramm (Abbildung 4.16) in 8 Klassen einteilen, von denen die Klasse mit 76 mit Abstand am stärksten besetzt ist. Der Median 75,64 liegt auch in dieser Klasse.

Der arithmetische Mittelwert der Eier mit männlichen Embryonen ist 75,58, bei einer Standardabweichung von 1,58. Auch für die Eier mit männlichen Embryonen ist die Normalverteilung anzunehmen. Die p-Werte des Kolmogorow-Smirnow-Tests und des Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung ergeben 0,20, beziehungsweise 0,79.

Vergleicht man nun die Mediane der Geschlechter, so ergibt sich ein Unterschied von 0,23. Der Betrag des Unterschiedes der arithmetischen Mittelwerte ist 0,45. Mit Hilfe des Student t-Tests wurde die Signifikanz dieses Unterschiedes untersucht. Der p-Wert des Tests ist 0,35 bei 45,76 Freiheitsgraden. Der Unterschied der Mittelwert ist damit nicht signifikant.

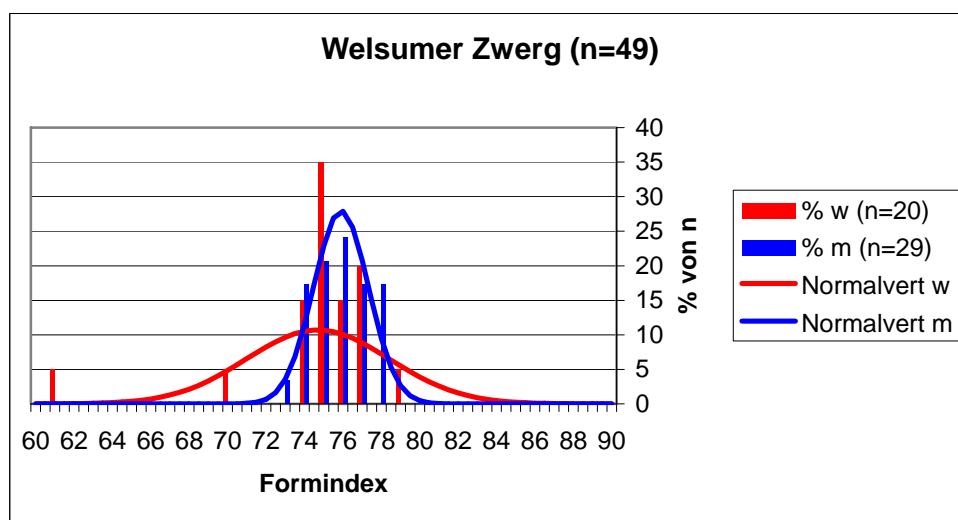
## 4 Ergebnisse



**Abbildung 4.16:** Histogramme des Formindex der Henne Tetra und die dazugehörige Normalverteilung, nach Geschlecht getrennt aufgetragen. Es wurden jeweils Klassen mit der Klassenmitte eines auf eine ganze Zahl gerundeten Formindex gebildet, die Klassenbreite beträgt 1. Die untere Klassengrenze gehört zur Klasse.

Die Verteilung der Stichprobe der Eier mit weiblichen Anlagen entspricht:  $N(76,03; 1,83)$ , die der Eier mit männlichen Anlagen:  $N(75,58; 1,58)$ .

### 4.5.10 Welsumer Zwerg



**Abbildung 4.17:** Histogramme des Formindex der Henne Welsumer Zwerg und die dazugehörige Normalverteilung, nach Geschlecht getrennt aufgetragen. Es wurden jeweils Klassen mit der Klassenmitte eines auf eine ganze Zahl gerundeten Formindex gebildet, die Klassenbreite beträgt 1. Die untere Klassengrenze gehört zur Klasse.

Die Verteilung der Stichprobe der Eier mit weiblichen Anlagen entspricht:  $N(74,70; 3,73)$ , die der Eier mit männlichen Anlagen:  $N(75,90; 1,43)$ .



## 4 Ergebnisse

49 Eier der Henne Welsumer Zwerg wurden bezüglich ihres Formindex untersucht. 20 davon enthielten weibliche Embryonen, 29 männliche.

Von den 20 Eiern mit weiblichen Embryonen wurden Formindizes von 60,91 bis 78,54 berechnet. Das entspricht einer Spannweite von 17,62. Die 20 Formindizes besetzten damit 7 Klassen des Histogramms (Abbildung 4.17). Die beiden Eier, die die Klassen 61 und 70 besetzten, können als Ausreißer betrachtet werden. Die am stärksten besetzte Klasse ist die des Formindexes 75. Der Median 75,19 liegt auch in dieser Klasse.

Der arithmetische Mittelwert der Formindizes ist 74,7, die Standardabweichung der Werte ist 3,73. Die Werte können als normalverteilt betrachtet werden. Sowohl die graphischen Darstellungen, als auch die statistischen Tests legen diesen Schluss nahe.

Die p-Werte des Kolmogorow-Smirnow-Tests und des Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung sind 0,2 und 0,40.

Die 29 Formindizes der Eier mit männlichen Embryonen liegen zwischen 73,45 und 78,44. Das entspricht einer Spannweite von 5,00. Es werden 6 Klassen des Histogramms besetzt, von denen die Klasse 76 am stärksten besetzt ist. Der Median liegt mit 75,93 auch in dieser Klasse.

Der arithmetische Mittelwert der Eier mit männlichen Embryonen ist 75,9, bei einer Standardabweichung von 1,43. Eine Normalverteilung kann aufgrund der statistischen Tests nicht ohne weiteres angenommen werden. Der p-Wert des Kolmogorow-Smirnow-Tests liegt bei  $p < 0,01$ , der des Shapiro-Wilk-Tests auch. Die graphischen Darstellungen lassen aber auf eine Verteilung schließen, die einer Normalverteilung ähnlich ist.

So wurde zum Vergleich der Mittelwerte der beiden Geschlechter auch wieder der Student t-Test eingesetzt. Die Differenz der Mediane beträgt 0,74, die der arithmetischen Mittelwerte beträgt 1,2. Der p-Wert des Student t-Test ist 0,18, bei berechneten 22,86 Freiheitsgraden.

Aufgrund der Ergebnisse des Kolmogorow-Smirnow-Tests und des Shapiro-Wilk-Tests wurde zum Vergleich der Mittelwerte zusätzlich der Mann-Whitney-Test durchgeführt. Er liefert einen p-Wert von 0,31. Der Unterschied ist somit nicht signifikant.

### 4.5.11 Grünleger

Es wurden 65 Eier der Henne Grünleger, davon 27 mit weiblichen und 38 mit männlichen Embryonen, untersucht.

Der Formindex der Eier mit weiblichen Embryonen liegt zwischen 66,44 und 77,00. Das ist eine Spannweite von 10,56. Der Median ist 73,92, er fällt somit in die am stärksten besetzte Klasse 74 in der Darstellung als Histogramm (Abbildung 4.18).

Der arithmetische Mittelwert des Formindex der Eier mit weiblichen Embryonen ist 73,44, bei einer Standardabweichung von 2,36.

Es ergeben sich Ergebnisse, die gegen eine Normalverteilung der Werte sprechen. Wie auch auf Abbildung 4.18 zu sehen, ist die Verteilung eher nach rechts verschoben, doch ergeben sich auch signifikante Abweichungen von einer Logarithmischen Normalverteilung.

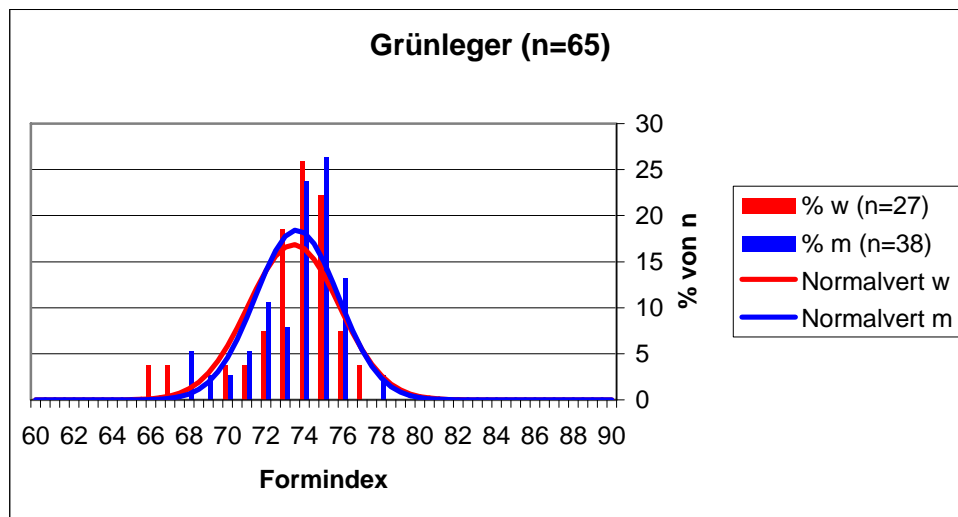
Die p-Werte des Kolmogorow-Smirnow-Tests und des Shapiro-Wilk-Tests liegen mit 0,03 und 0,03 jeweils knapp unter der Schwelle von 0,05, die zur Annahme der Hypothese einer normalverteilten Grundgesamtheit führen würde.

Die Formindizes der Eier mit männlichen Embryonen liegen zwischen 68,16 und 77,73, die Spannweite ist somit 9,56. Der Median liegt mit 74,10 nicht in der größten Klasse des Histogramms. Die größte ist die Klasse 75.

Der arithmetische Mittelwert der Eier mit männlichen Embryonen liegt bei 73,61, bei einer Standardabweichung von 2,16. Die Verteilung der Eier mit männlichen Embryonen entspricht im Wesentlichen der der Eier mit weiblichen Embryonen. Abermals ergeben sich Hinweise auf Abweichungen von einer Normalverteilung und von einer logarithmischen Normalverteilung. Die p-Werte des Kolmogorow-Smirnow-Tests und des Shapiro-Wilk-Tests sind 0,03 und 0,002.

Der Unterschied der Mittelwerte beträgt 0,17. Der p-Wert des t-Tests ist 0,77, bei 52,94 Freiheitsgraden. Der Unterschied ist damit nicht signifikant.

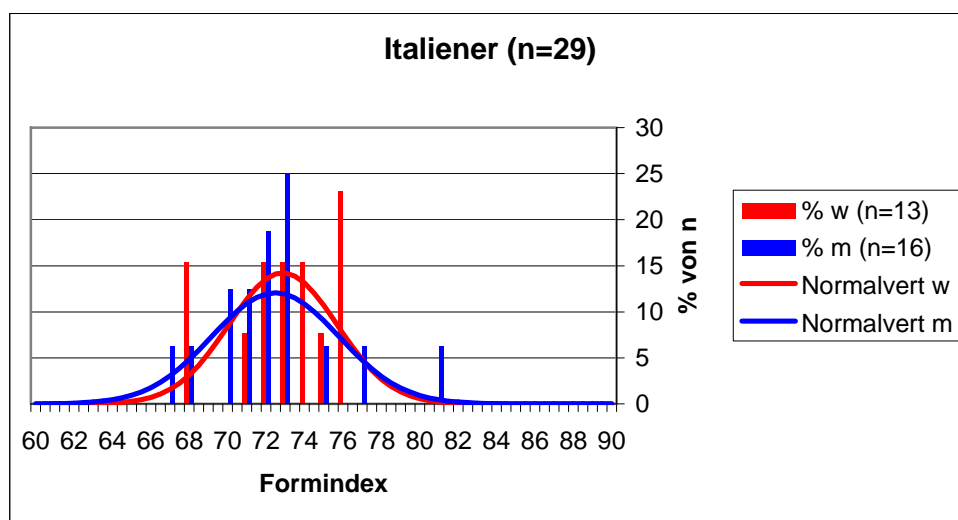
Aufgrund der Ergebnisse der Prüfung auf Normalverteilung wurde ein Mann-Whitney-Test durchgeführt. Dieser bestätigt mit einem p-Wert von 0,78 die Ergebnisse des Student t-Tests.



**Abbildung 4.18:** Histogramme des Formindex der Henne Grünleger und die dazugehörige Normalverteilung, nach Geschlecht getrennt aufgetragen. Es wurden jeweils Klassen mit der Klassenmitte eines auf eine ganze Zahl gerundeten Formindex gebildet, die Klassenbreite beträgt 1. Die untere Klassengrenze gehört zur Klasse.

Die Verteilung der Stichprobe der Eier mit weiblichen Anlagen entspricht:  $N(73,44; 2,36)$ , die der Eier mit männlichen Anlagen:  $N(73,61; 2,16)$ .

#### 4.5.12 Italiener



**Abbildung 4.19:** Histogramme des Formindex der Henne Italiener und die dazugehörige Normalverteilung, nach Geschlecht getrennt aufgetragen. Es wurden jeweils Klassen mit der Klassenmitte eines auf eine ganze Zahl gerundeten Formindex gebildet, die Klassenbreite beträgt 1. Die untere Klassengrenze gehört zur Klasse.

Die Verteilung der Stichprobe der Eier mit weiblichen Anlagen entspricht:  $N(72,88; 2,80)$ , die der Eier mit männlichen Anlagen:  $N(72,48; 3,30)$ .

## 4 Ergebnisse

Von der Henne Italiener wurde der Formindex von 29 Eiern untersucht. Davon enthielten 13 Eier weibliche und 16 männliche Embryonen.

Die Eier mit weiblichen Embryonen wiesen Formindices zwischen 67,53 und 76,42 auf, das ist eine Spannweite von 8,89. Die Ergebnisse teilen sich in 7 Klassen des Histogramms auf. Die Klasse 76 ist am stärksten besetzt. Der Median der Eier mit weiblichen Embryonen ist 73,38.

Der arithmetische Mittelwert dieser Eier ist 72,88, die Standardabweichung ist 2,8. Es kann von einer zugrunde liegenden Normalverteilung ausgegangen werden. Wie schon auf dem Histogramm (Abbildung 4.19) zu sehen ist, sind vor allem die Ränder sehr scharf. Dennoch liegen die p-Werte der statistischen Tests auf Normalverteilung, Kolmogorow-Smirnow-Test und Shapiro-Wilk-Test, mit 0,06 und 0,17 in dem Bereich, in dem eine Normalverteilung angenommen werden kann.

Die 16 Eier dieser Henne, die männliche Embryonen enthielten, weisen Formindices zwischen 67,29 und 81,12 auf. Das ist eine Spannweite von 13,83, es sind 9 Klassen besetzt. Der Median liegt mit 72,11 nicht in der am stärksten besetzten Klasse 73.

Der arithmetische Mittelwert der Eier mit männlichen Embryonen ist 72,48, bei einer Standardabweichung von 3,3. Die Werte können ebenfalls als normalverteilt gelten. Die graphischen Überprüfungen, Histogramm, Box-and-Whisker-Plot und QQ-Plot, lassen diesen Schluss zu und auch die p-Werte der statistischen Tests auf Normalverteilung sprechen nicht gegen diese Verteilung. Der p-Wert des Kolmogorow-Smirnow-Tests ist 0,20, der des Shapiro-Wilk-Tests ist 0,35.

Der Unterschied der Mediane der Eier mit weiblichen und männlichen Embryonen beträgt 1,27. Der Unterschied der arithmetischen Mittelwerte beträgt 0,40. Testet man die Signifikanz dieses Unterschiedes mit Hilfe des Student t-Tests, so ergibt sich ein p-Wert von 0,73, bei berechneten 26,93 Freiheitsgraden. Damit ist der Unterschied der Mittelwerte nicht signifikant.

#### 4.6 Kartesisches Oval

Stellt man die von SZIELASKO (1902) beschriebene Eiformel

$$\sqrt{x^2 + y^2} + m * \sqrt{(e - x)^2 + y^2} = C$$

nach y um, um Wertetabellen für Eier mit bekannten Konstanten C, m und e zu bilden und um sie im nächsten Schritt zeichnen zu können, entstehen vier relativ große Gleichungen, von denen nur die ersten beiden für die Zeichnung einer Eilinie relevant sind. Die beiden anderen Gleichungen ( $y_3$  und  $y_4$ ) liefern einen großen Kreis um die gesuchte Eilinie herum (KÖLLER, 2000).

$y_1$  liefert die Hälfte der Eilinie, die sich im 3. und 4. Quadranten des Koordinatensystems befindet.  $y_2$  liefert die Hälfte, die sich oberhalb der x-Achse, also im 1. und 2. Quadranten befindet.

$$y_1 = - \sqrt{\frac{\frac{c^2 m^2}{m^4 - 2m^2 + 1} + \frac{c^2}{m^4 - 2m^2 + 1} - \frac{2\sqrt{c^4 m^2 + 2ec^2 m^4 x - e^2 c^2 m^4 - 2ec^2 m^2 x + e^2 c^2 m^2}}{m^4 - 2m^2 + 1} - \frac{m^4 x^2}{m^4 - 2m^2 + 1}}{\frac{2m^2 x^2}{m^4 - 2m^2 + 1} - \frac{x^2}{m^4 - 2m^2 + 1} + \frac{2em^4 x}{m^4 - 2m^2 + 1} - \frac{2em^2 x}{m^4 - 2m^2 + 1} - \frac{e^2 m^4}{m^4 - 2m^2 + 1} + \frac{e^2 m^2}{m^4 - 2m^2 + 1}}$$

$$y_2 = \sqrt{\frac{\frac{c^2 m^2}{m^4 - 2m^2 + 1} + \frac{c^2}{m^4 - 2m^2 + 1} - \frac{2\sqrt{c^4 m^2 + 2ec^2 m^4 x - e^2 c^2 m^4 - 2ec^2 m^2 x + e^2 c^2 m^2}}{m^4 - 2m^2 + 1} - \frac{m^4 x^2}{m^4 - 2m^2 + 1}}{\frac{2m^2 x^2}{m^4 - 2m^2 + 1} - \frac{x^2}{m^4 - 2m^2 + 1} + \frac{2em^4 x}{m^4 - 2m^2 + 1} - \frac{2em^2 x}{m^4 - 2m^2 + 1} - \frac{e^2 m^4}{m^4 - 2m^2 + 1} + \frac{e^2 m^2}{m^4 - 2m^2 + 1}}$$

$$y_3 = - \sqrt{\frac{\frac{c^2 m^2}{m^4 - 2m^2 + 1} + \frac{c^2}{m^4 - 2m^2 + 1} + \frac{2\sqrt{c^4 m^2 + 2ec^2 m^4 x - e^2 c^2 m^4 - 2ec^2 m^2 x + e^2 c^2 m^2}}{m^4 - 2m^2 + 1} - \frac{m^4 x^2}{m^4 - 2m^2 + 1}}{\frac{2m^2 x^2}{m^4 - 2m^2 + 1} - \frac{x^2}{m^4 - 2m^2 + 1} + \frac{2em^4 x}{m^4 - 2m^2 + 1} - \frac{2em^2 x}{m^4 - 2m^2 + 1} - \frac{e^2 m^4}{m^4 - 2m^2 + 1} + \frac{e^2 m^2}{m^4 - 2m^2 + 1}}$$

$$y_4 = \sqrt{\frac{\frac{c^2 m^2}{m^4 - 2m^2 + 1} + \frac{c^2}{m^4 - 2m^2 + 1} + \frac{2\sqrt{c^4 m^2 + 2ec^2 m^4 x - e^2 c^2 m^4 - 2ec^2 m^2 x + e^2 c^2 m^2}}{m^4 - 2m^2 + 1} - \frac{m^4 x^2}{m^4 - 2m^2 + 1}}{\frac{2m^2 x^2}{m^4 - 2m^2 + 1} - \frac{x^2}{m^4 - 2m^2 + 1} + \frac{2em^4 x}{m^4 - 2m^2 + 1} - \frac{2em^2 x}{m^4 - 2m^2 + 1} - \frac{e^2 m^4}{m^4 - 2m^2 + 1} + \frac{e^2 m^2}{m^4 - 2m^2 + 1}}$$

Die drei Konstanten, die die Form des kartesischen Ovals wiedergeben, wurden wie in Kapitel 3.2.4 beschrieben für die Eier der Herkünfte Lohmann Brown und Lohmann LSL 1 sowie für die Eier der Hennen Tetra, Welsumer Zwerg, Maran 2, Maran 3 und Shaver 2 berechnet.

Das sind erstens die Excentric ( $e$ ), die dem Abstand der beiden Brennpunkte des Eies entspricht, zweitens die Konstante ( $C$ ) die der Gesamtlänge der radii vectores entspricht, wobei einer der beiden mit der dritten Konstanten, dem Faktor ( $m$ ), multipliziert worden ist.

### 4.6.1 Excentric $e$

Die Verteilung der Ergebnisse für die Excentric  $e$  ist auf Abbildung 4.20 jeweils nach Herkunft der Eier und Geschlecht der darin befindlichen Küken getrennt in Form eines Box-and-Whisker-Plots dargestellt.

Tabelle 4.9 zeigt die arithmetischen Mittelwerte der Excentricitäten, jeweils getrennt nach Herkunft der Eier und Geschlecht der im Ei befindlichen Küken, sowie die dazugehörigen Standardabweichungen. Außerdem sind die  $p$ -Werte des Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung angegeben.

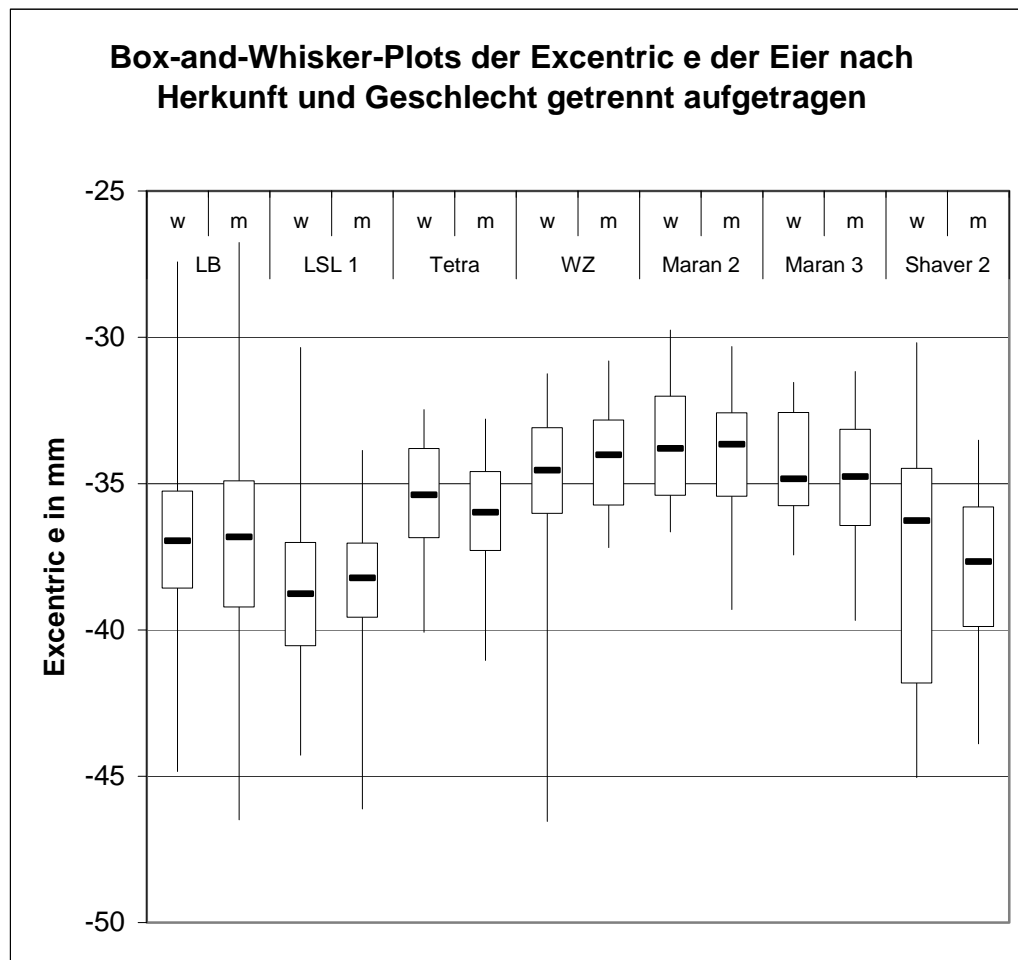
Eine Normalverteilung kann angenommen werden, wenn dieser  $p$ -Wert größer als 0,05 ist. Damit kann bei den Werten der Eier beider Geschlechter der Herkunft Lohmann LSL 1 sowie der Eier mit männlichen Küken der Henne Welsumer Zwerg und Maran 3 nicht ohne weiteres von einer Normalverteilung ausgegangen werden. Die graphischen Verfahren zur Beurteilung der Verteilung der Werte – Histogramm, Box-and-Whisker-Plot und QQ-Plot – lassen aber eine der Normalverteilung ähnliche Verteilung erkennen. Somit wurde auch bei diesen Herkünften der Student  $t$ -Test eingesetzt, um zu überprüfen, ob die Mittelwerte beider Geschlechter einer Herkunft signifikant unterschiedlich sind. Das wäre der Fall, wenn der  $p$ -Wert dieser Tests kleiner als 0,05 sein würde. Wie in der abgebildeten Tabelle 4.9 zu erkennen, ist das aber bei keiner Herkunft der Fall. Alle Unterschiede des arithmetischen Mittelwertes sind somit nicht signifikant.

Für die Eier der Herkünfte mit nicht eindeutigen Ergebnissen bezüglich der Tests auf Normalverteilung wurde zusätzlich der Mann-Whitney-Test durchgeführt. Für die Eier der Herkunft Lohmann LSL 1 ist dieser  $p$ -Werte 0,31 für die Mittelwerte der Eier des Welsumer Zwergs 0,53 und für die Eier der Henne Maran 3 0,40. Das Signifikanzniveau ist wiederum 0,05. Damit sind alle Unterschiede nicht signifikant.

## 4 Ergebnisse

**Tabelle 4.9:** Arithmetische Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte des Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung der Excentric (e), jeweils nach Herkunft der Eier und Geschlecht der enthaltenen Küken getrennt. Außerdem die p-Werte des Student t-Tests welcher den Unterschied der arithmetischen Mittelwerte beurteilt.

Herkunft	Geschlecht: <u>M</u> ännlich <u>W</u> eiblich	Arithmet. Mittelwerte ± Standardabweichung in mm		p-Wert: Shapiro-Wilk- Test	p-Wert: Student t- Test
Lohmann Brown	W	-36,9	3,02	0,54	0,77
	M	-36,8	3,22	0,38	
Lohmann LSL 1	W	-38,6	2,62	0,01	0,77
	M	-38,5	2,47	0,03	
Tetra	W	-35,5	2,06	0,52	0,42
	M	-35,9	1,92	0,54	
Welsumer Zwerg	W	-35,1	3,32	0,30	0,32
	M	-34,3	1,82	<0,01	
Maran 2	W	-33,6	2,13	0,22	0,48
	M	-34,1	2,21	0,39	
Maran 3	W	-34,4	1,82	0,44	0,26
	M	-35,0	2,41	0,04	
Shaver 2	W	-37,5	4,14	0,14	0,55
	M	-38,1	3,15	0,32	



**Abbildung 4.20:** Box-and-Whisker-Plots der Excentric e nach Herkunft und Geschlecht der im Ei befindlichen Anlagen getrennt aufgezeichnet.



### 4.6.2 Konstante C

Für die Konstante C ist die Verteilung der Ergebnisse auf Abbildung 4.21 in Form eines Box-and-Whisker-Plot dargestellt. Dabei wurden die Ergebnisse getrennt nach Herkunft der Eier und nach Geschlecht der im Ei befindlichen Küken sortiert und statistische Größen berechnet. Tabelle 4.10 zeigt den arithmetischen Mittelwert sowie die Standardabweichung der einzelnen Herkünfte nach Geschlecht getrennt.

Außerdem sind Ergebnisse statistischer Tests abgebildet, die auf die Verteilung der Werte schließen lassen.

Der Shapiro-Wilk-Test wurde durchgeführt, um auf Normalverteilung der Messwerte einer Herkunft nach Geschlecht getrennt zu prüfen. Liegt der p-Wert diesen Tests oberhalb von 5 %, also 0,05, so kann näherungsweise eine Normalverteilung als Verteilung der Werte angenommen werden.

Das ist für die Konstante C bei den meisten Herkünften der Fall. Nicht so für die Eier beider Geschlechter der Henne Maran 3, bei den Eiern mit männlichen Küken der Herkunft Lohmann Brown und bei den Eiern mit weiblichen Küken der Herkunft Lohmann LSL 1. Allerdings wurden weitere Untersuchungen vorgenommen, die Verteilung der Werte zu beurteilen. Die Zeichnungen Histogramm, Box-and-Whisker-Plot und QQ-Plot lassen auf eine Normalverteilung schließen.

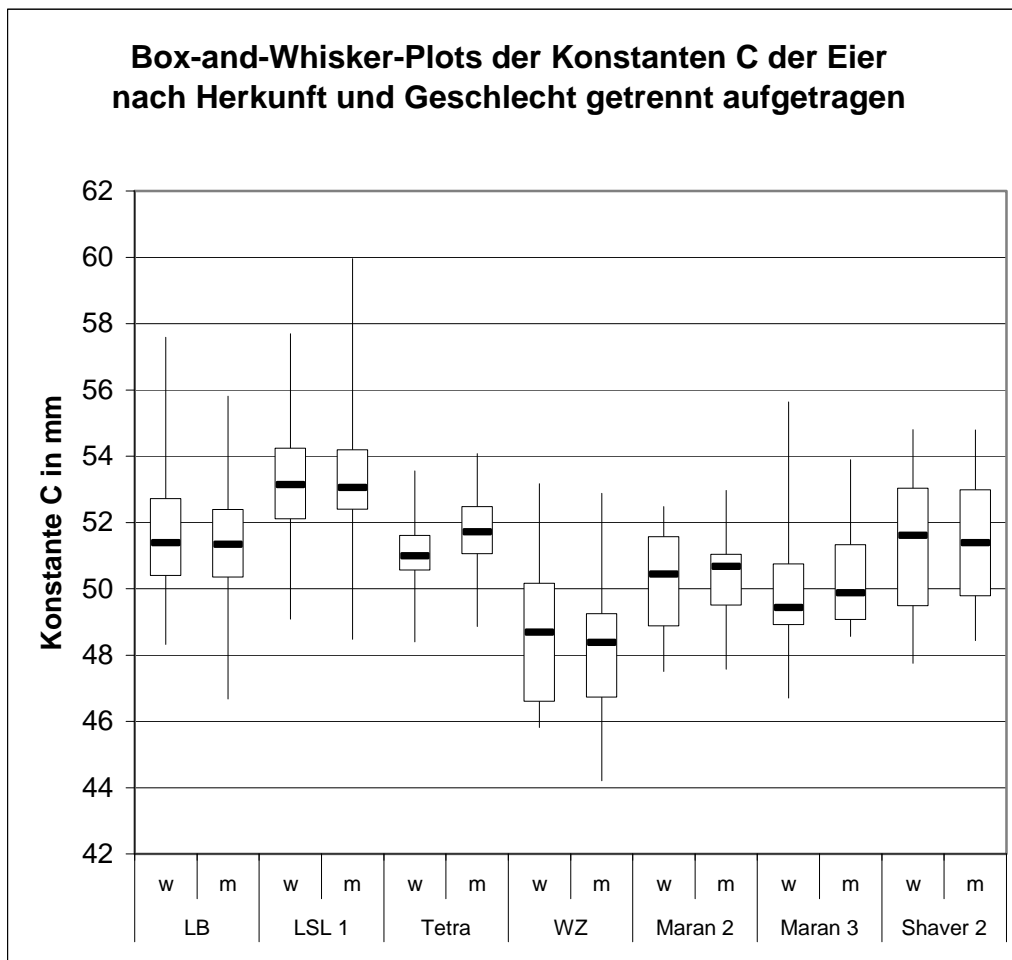
Für den Vergleich der beiden arithmetischen Mittelwerte der Geschlechter einer Herkunft wurde daher in allen Fällen ein Student t-Test eingesetzt. Die p-Werte dieser Tests sind ebenfalls in Tabelle 4.10 dargestellt. Signifikant unterschiedlich wären die Mittelwerte bei einem p-Wert von kleiner als 0,05. Da diese aber zwischen 0,08 und 0,97 liegen kann in keinem Fall ein signifikanter Unterschied der Mittelwerte nachgewiesen werden.

Bei den Werten der Herkünfte bei denen sich Hinweise auf Abweichungen von einer Normalverteilung ergeben wurde zusätzlich ein Mann-Whitney-Test durchgeführt. Der p-Wert der Herkunft Lohmann Brown ist 0,48, der der Herkunft Lohmann LSL 1 ist 0,94 und der p-Wert der Henne Maran 3 ist 0,22. Somit lässt auch dieser Test keine signifikanten Unterschiede der Mittelwerte erkennen.

## 4 Ergebnisse

**Tabelle 4.10:** Arithmetische Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte des Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung der Konstanten C, jeweils nach Herkunft der Eier und Geschlecht der enthaltenen Küken getrennt. Außerdem die p-Werte des Student t-Tests welcher den Unterschied der arithmetischen Mittelwerte beurteilt.

Herkunft	Geschlecht: <u>M</u> ännlich <u>W</u> eiblich	Arithmet. Mittelwerte ± Standardabweichung in mm		p-Wert: Shapiro-Wilk- Test	p-Wert: Student t- Test
Lohmann Brown	W	51,72	1,83	0,22	0,22
	M	51,42	1,84	<0,01	
Lohmann LSL 1	W	53,30	1,73	0,04	0,97
	M	53,29	1,76	0,20	
Tetra	W	51,14	1,11	0,87	0,08
	M	51,72	1,21	0,42	
Welsumer Zwerg	W	48,61	2,04	0,95	0,41
	M	48,12	2,07	0,26	
Maran 2	W	50,17	1,71	0,15	0,89
	M	50,24	1,32	0,11	
Maran 3	W	49,78	1,58	0,01	0,14
	M	50,41	1,60	0,01	
Shaver 2	W	51,23	2,24	0,16	0,75
	M	51,42	1,90	0,09	



**Abbildung 4.21:** Box-and-Whisker-Plots der Konstanten C. Die Werte sind nach Herkunft und Geschlecht der im Ei befindlichen Anlagen getrennt aufgezeichnet.

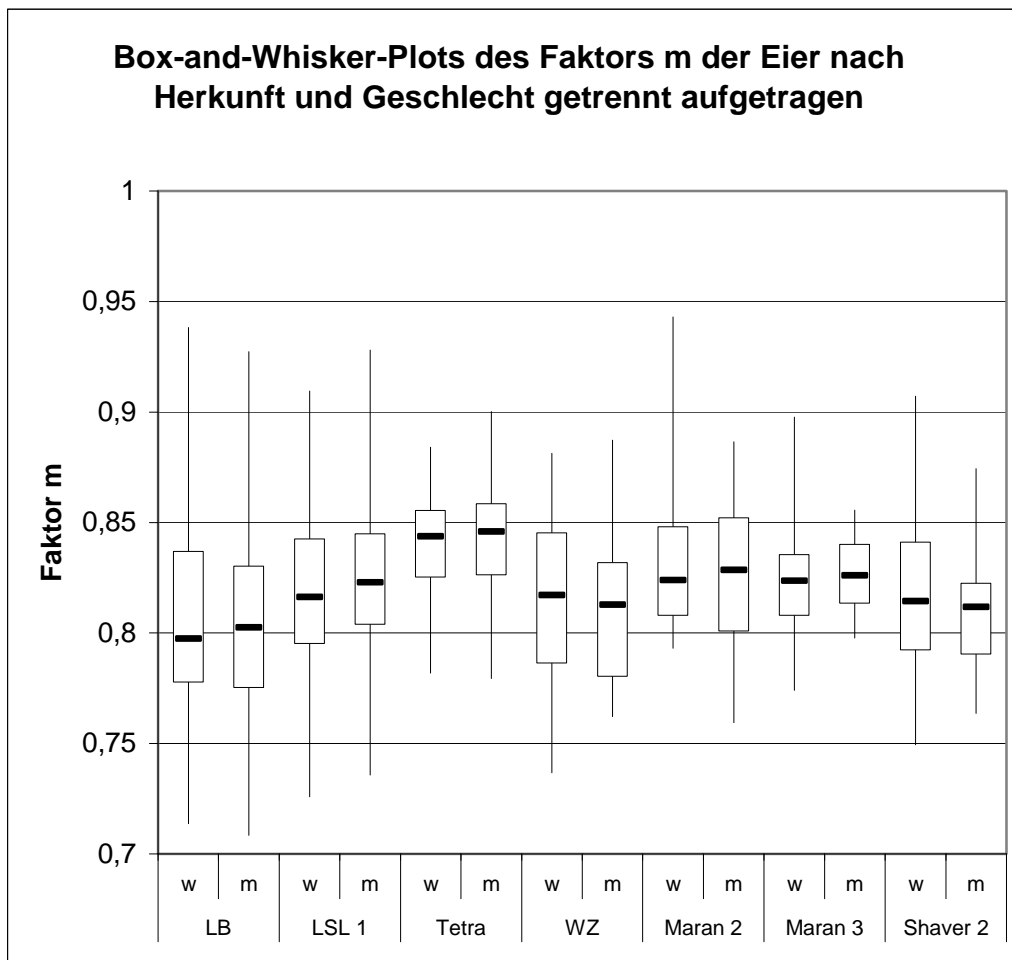
### 4.6.3 Faktor m

Die dritte Konstante, die für die Form des Kartesischen Ovals von Bedeutung ist, ist der Faktor m. Die Verteilung der Ergebnisse von m ist auf Abbildung 4.22 zu sehen. Um diese Box-and-Whisker-Plots zu erzeugen, wurden der minimale und der maximale Wert, der Median sowie die Quartile  $Q_1$  und  $Q_3$  für jedes Geschlecht und jede Herkunft einzeln berechnet.

Der arithmetische Mittelwert und die Standardabweichung, ebenfalls nach Herkunft der Eier und Geschlecht der im Ei enthaltenen Küken getrennt, sind in Tabelle 4.11 zusammengefasst. Mit Hilfe graphischer Darstellungen der Werte dem Histogramm, dem Box-and-Whisker-Plot sowie eines QQ-Plots, wurde die Verteilung der Werte beurteilt und mit statistischen Tests das zugrunde liegen einer Normalverteilung untersucht. Die p-Werte des Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung sind ebenfalls in Tabelle 4.11 dargestellt. Abgesehen von den Eiern mit männlichen Küken der Herkunft Lohmann Brown und den Eiern mit männlichen Küken der Henne Maran 2 liegt der p-Wert bei allen Herkünften und Geschlechtern oberhalb von 0,05, was als Grenze verstanden werden kann, die zum Annehmen oder Ablehnen der Vermutung einer Normalverteilung führt.

Außerdem ist in der Tabelle 4.11 der p-Wert des Student t-Test wiedergegeben. Dieser Test wurde eingesetzt, um den Unterschied der arithmetischen Mittelwerte beider Geschlechter auf Signifikanz zu testen. Hierbei kann der Unterschied als signifikant beurteilt werden, wenn dieser p-Wert kleiner als 0,05 ist. Das ist bei keiner der Herkünfte der Fall.

Bei den Herkünften bei denen der Shapiro-Wilk-Test eine signifikante Abweichung von einer Normalverteilung angezeigt hat wurde zusätzlich der Mann-Whitney-Test durchgeführt. Der p-Wert der Herkunft Lohmann Brown ist dabei 0,48, der der Henne Maran 2 ist 0,92. Damit lässt auch dieser Test nicht auf einen signifikanten Unterschied der Mittelwerte schließen.



**Abbildung 4.22:** Box-and-Whisker-Plots des Faktors m nach Herkunft und Geschlecht der im Ei befindlichen Anlagen getrennt aufgezeichnet.

#### 4 Ergebnisse

**Tabelle 4.11:** Arithmetische Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte des Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung des Faktors m, jeweils nach Herkunft der Eier und Geschlecht der enthaltenen Küken getrennt. Außerdem die p-Werte des Student t-Tests welcher den Unterschied der arithmetischen Mittelwerte beurteilt.

Herkunft	Geschlecht: <u>M</u> ännlich <u>W</u> eiblich	Arithmet. Mittelwerte ± Standardabweichung		p-Wert: Shapiro-Wilk- Test	p-Wert: Student t- Test
Lohmann Brown	W	0,807	0,043	0,52	0,60
	M	0,804	0,040	0,01	
Lohmann LSL 1	W	0,821	0,036	0,45	0,81
	M	0,822	0,035	0,27	
Tetra	W	0,838	0,026	0,36	0,64
	M	0,842	0,032	0,32	
Welsumer Zwerg	W	0,815	0,041	0,33	0,83
	M	0,813	0,034	0,58	
Maran 2	W	0,833	0,037	0,47	0,59
	M	0,828	0,035	0,01	
Maran 3	W	0,824	0,025	0,76	0,71
	M	0,826	0,016	0,12	
Shaver 2	W	0,816	0,039	0,38	0,61
	M	0,810	0,031	0,90	

#### 4.6.4 Neue Größe D

Da zwar jede einzelne Konstante einen Einfluss auf die Form des beschriebenen Eies ausübt, keine von ihnen aber einzeln herangezogen werden kann, um die Form eines Eies umfassend zu beschreiben und Formen verschiedener Eier zu vergleichen, wurden die drei Konstanten rechnerisch so miteinander kombiniert, dass eine neue Zahl D entstanden ist, deren Größe einen direkten Rückschluss auf die Form des Eies zulässt.

$$D = \frac{e}{C} * m$$

Ähnlich wie beim Formindex, der relativ groß wird und sich dem Index-Wert 100 nähert, wenn das Ei von kugeligter Gestalt ist und der kleiner wird, wenn das Ei von eher länglicher Gestalt ist, verhält es sich auch mit der neu geschaffenen Größe D, allerdings genau umgekehrt. Ist D relativ groß, so ist das Ei länglich und schlank, ist D klein, so ist das Ei eher kugelig. Wenn C und e relativ groß sind handelt es sich auch um ein großes Ei.

Da man solche Zusammenhänge für die einzelnen Konstanten nicht herstellen kann, soll im Folgenden D etwas näher betrachtet werden. Die folgenden Abbildungen zeigen D in Form von Histogrammen für die einzelnen Herkünfte und das Geschlecht getrennt dargestellt und Zeichnungen von Eiern dieser Studie. Es handelt sich jeweils um die Eier der jeweiligen Herkunft mit dem größten Wert für D und mit dem kleinsten Wert für D jeweils für beide Geschlechter. Außerdem ist das Ei abgebildet, welches dem Median von D am nächsten kommt. Das Klassenmittel der Histogramme entspricht jeweils einer ganzen Zahl. Die Klassenbreite beträgt 1.

Insgesamt wurde der Wert D von 228 Eiern der Herkunft Lohmann Brown berechnet und untersucht. Davon enthielten 108 ein weibliches und 120 ein männliches Küken. Der Median der Eier mit weiblichem Küken ist 0,58. Die Werte liegen zwischen 0,48 und 0,64. Sie teilen sich in 16 Klassen des Histogramms (Abbildung 4.23) auf.

Der Median der entsprechenden Eier mit männlichen Küken ist ebenfalls 0,58, die Spannweite ist auch 0,16 bei einem Minimum von 0,47 und einem Maximum von 0,63. Die Werte der Eier mit männlichen Küken teilen sich in 15 Klassen des Histogramms. Abbildung 4.23 zeigt neben den berechneten Werten, in Klassen eingeteilt auch eine Normalverteilung, berechnet aus dem arithmetischen Mittelwert und der Standardabweichung der Werte.

#### 4 Ergebnisse

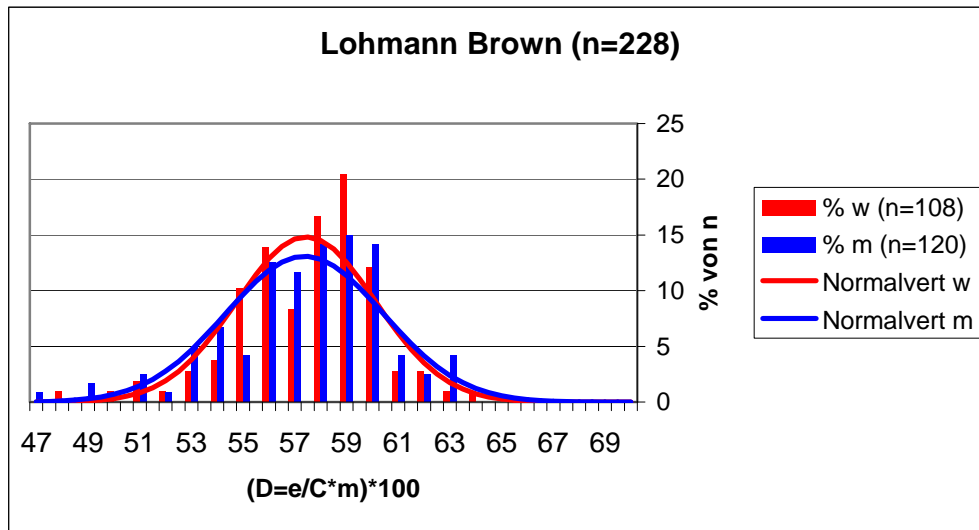
Die Eier mit weiblichen Küken weisen einen arithmetischen Mittelwert von 0,574 bei einer Standardabweichung von 0,027 auf. Die Eier mit männlichen Küken einen arithmetischen Mittelwert von ebenfalls 0,574 und eine Standardabweichung von 0,031. Der Shapiro-Wilk-Test spricht in beiden Fällen gegen das Vorliegen einer Normalverteilung. Der p-Wert dieses Tests der Eier mit weiblichen Küken ist 0,01, der der Eier mit männlichen Küken 0,02. Eine Normalverteilung kann ab einem p-Wert von 0,05 angenommen werden.

Aufgrund der graphischen Ähnlichkeit im Histogramm, im Box-and-Whisker-Plot und im QQ-Plot mit einer Normalverteilung wurde der Student t-Test angewendet, um den Unterschied der beiden Mittelwerte auf Signifikanz zu testen. Der Test liefert einen p-Wert von 0,87. Als Signifikanzniveau dieses Tests wird 5 % angenommen. Er ist somit nicht signifikant.

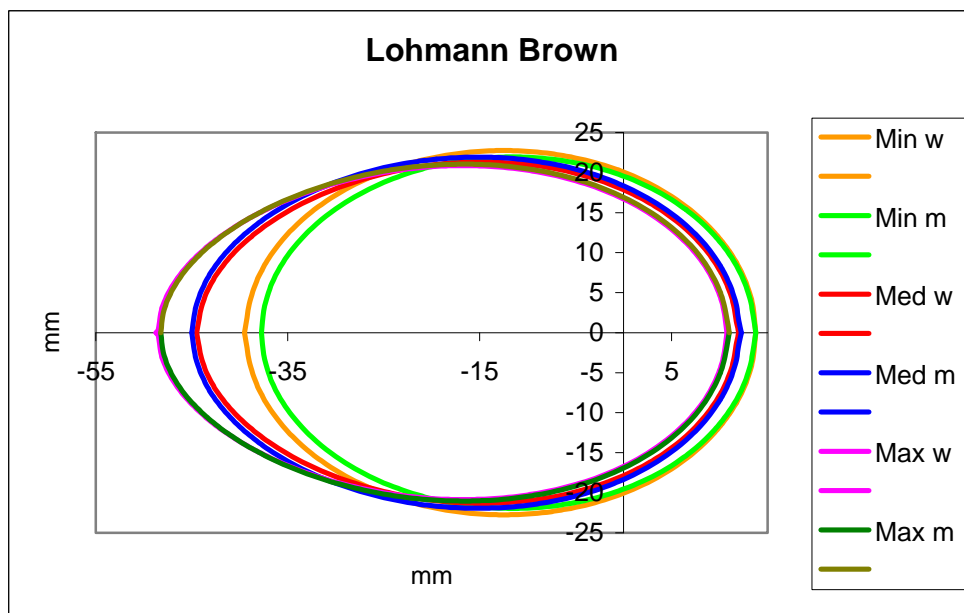
Aufgrund der Hinweise auf Abweichungen der Werte von der Normalverteilung wurde zusätzlich der Mann-Whitney-Test durchgeführt. Der p-Wert ist 1,00. Damit ist der Unterschied der Mittelwerte nicht signifikant.



## 4 Ergebnisse



**Abbildung 4.23:** Histogramm der Werte der Größe D der Herkunft Lohmann Brown (n=223). Für diese Darstellung wurden die Werte von D mit 100 multipliziert.



**Abbildung 4.24:** Zeichnung einiger Eier der Herkunft Lohmann Brown, die jeweils den kleinsten und den größten Wert für D der Eier mit weiblichen und männlichen Küken annehmen. Außerdem sind die beiden Eier gezeichnet, die dem jeweiligen Median der Größe D am nächsten kommen.

Abbildung 4.24 zeigt insgesamt 6 Eier der Herkunft Lohmann Brown. Das Ei welches ein weibliches Küken enthielt und den kleinsten Wert für D angenommen hat, ist in orange gezeichnet. In hellgrün ist das Ei gezeichnet, welches ein männliches Küken

## 4 Ergebnisse

enthielt und den kleinsten Wert für D angenommen hat. In rot ist das Ei gezeichnet, das ein weibliches Küken enthielt und dem Median der Eier mit weiblichen Küken am nächsten kommt in blau ist das entsprechende Ei mit einem männlichen Küken gezeichnet. In pink ist das Ei mit weiblichem Küken und dem größten vorkommenden Wert für D gezeichnet. In moosgrün das Ei mit männlichem Küken und dem größten Wert für D.

Von der Herkunft Lohmann LSL 1 wurde die Größe D bei 118 Eiern mit weiblichem Küken und 112 Eiern mit männlichem Küken untersucht, insgesamt also von 230 Eiern. Die Werte sind auf Abbildung 4.25 als Histogramm dargestellt, die Werte der Eier mit weiblichem Küken in rot, die der Eier mit männlichem Küken in blau. Die Werte sind jeweils in Klassen eingeteilt, dabei besetzten die Eier mit weiblichem Küken 13 und die Eier mit männlichem Küken 12 Klassen.

Die Werte der Eier mit weiblichem Küken weisen einen Median von 0,60 auf, die Werte liegen zwischen 0,51 und 0,64, das entspricht einer Spannweite von 0,13.

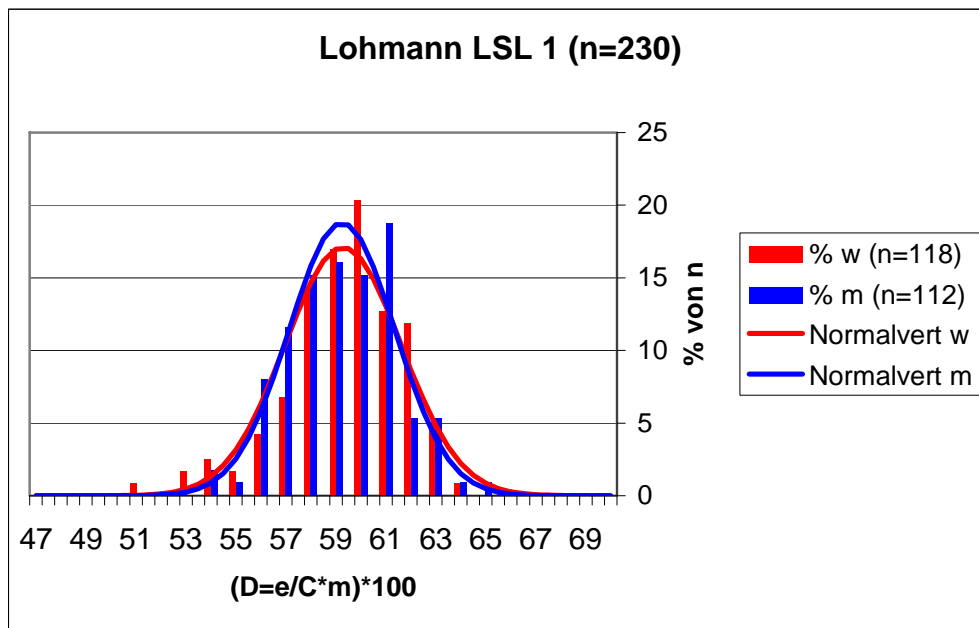
Der Median der Eier mit männlichen Küken ist 0,59. Die Spannweite 0,11, die Eier weisen Werte zwischen 0,54 und 0,65 auf.

Der arithmetische Mittelwert der Eier mit weiblichen Küken ist 0,593 bei einer Standardabweichung von 0,023. Die Eier mit männlichen Küken weisen einen arithmetischen Mittelwert von 0,592 bei einer Standardabweichung von 0,021 auf.

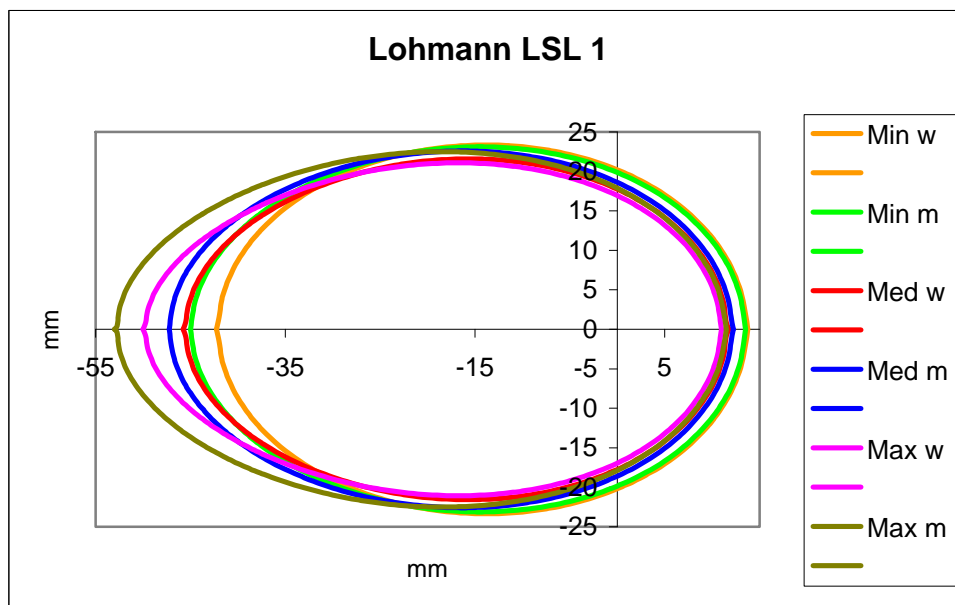
Die p-Werte des Shapiro-Wilk-Tests zur Prüfung auf Normalverteilung sind 0,82 bei den Eiern mit weiblichen und 0,01 bei den Eiern mit männlichen Küken. Die Normalverteilung kann damit nur bei den Eiern mit weiblichen Küken angenommen werden.

Der Student t-Test liefert einen p-Wert von 0,88, der Mann-Whitney-Test einen p-Wert von 0,58 für den Unterschied der beiden arithmetischen Mittelwerte. Der Unterschied ist damit nicht signifikant.

## 4 Ergebnisse



**Abbildung 4.25:** Histogramm der Werte der Größe  $D$  der Herkunft Lohmann LSL 1 (n=230). Für diese Darstellung wurden die Werte von  $D$  mit 100 multipliziert.



**Abbildung 4.26:** Zeichnung einiger Eier der Herkunft Lohmann LSL 1, die jeweils den kleinsten und den größten Wert für  $D$  der Eier mit weiblichen und männlichen Küken annehmen. Außerdem sind die beiden Eier gezeichnet, die dem jeweiligen Median der Größe  $D$  am nächsten kommen.

## 4 Ergebnisse

Abbildung 4.26 zeigt insgesamt 6 Eier der Herkunft Lohmann LSL 1. In orange ist das Ei gezeichnet, das den kleinsten Wert für D aufweist und ein weibliches Küken enthielt. In hellgrün ist das Ei mit männlichem Küken und kleinstem Wert D gezeichnet. Außerdem sind die beiden Eier dargestellt, die dem Median der Eier mit weiblichem beziehungsweise männlichem Küken am nächsten kommen. Das Ei mit weiblichem Küken in rot, das mit männlichem in blau. In pink und moosgrün sind die beiden Eier mit den größten vorkommenden Werten von D dieser Herkunft gezeichnet. In pink das Ei mit weiblichem Küken, in moosgrün das mit männlichem Küken.

Von der Henne Tetra wurde D von insgesamt 51 Eiern berechnet. 24 dieser Eier enthielten weibliche und 27 männliche Küken.

Die Eier mit weiblichen Küken weisen Werte für D zwischen 0,55 und 0,62 auf. Das entspricht einer Spannweite von 0,07. Die Werte teilen sich auf in 8 Klassen des Histogramms (Abbildung 4.27). Der Median der Werte der Eier mit weiblichen Küken ist 0,58.

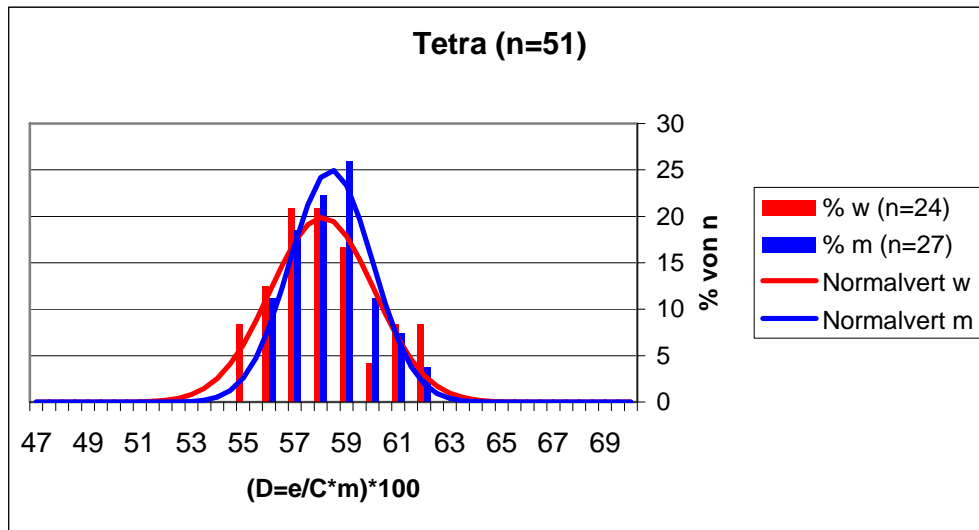
Die Eier mit männlichen Küken weisen für D Werte zwischen 0,56 und 0,62 auf. Das bedeutet, die Spannweite ist 0,06. Die Werte liegen insgesamt in 7 Klassen. Der Median ist 0,59.

Die arithmetischen Mittelwerte der Henne Tetra sind 0,581 bei den Eiern mit weiblichen Küken und 0,584 bei den Eiern mit männlichen Küken. Die Standardabweichungen sind 0,020 bei den Eiern mit weiblichen, 0,016 bei den Eiern mit männlichen Küken.

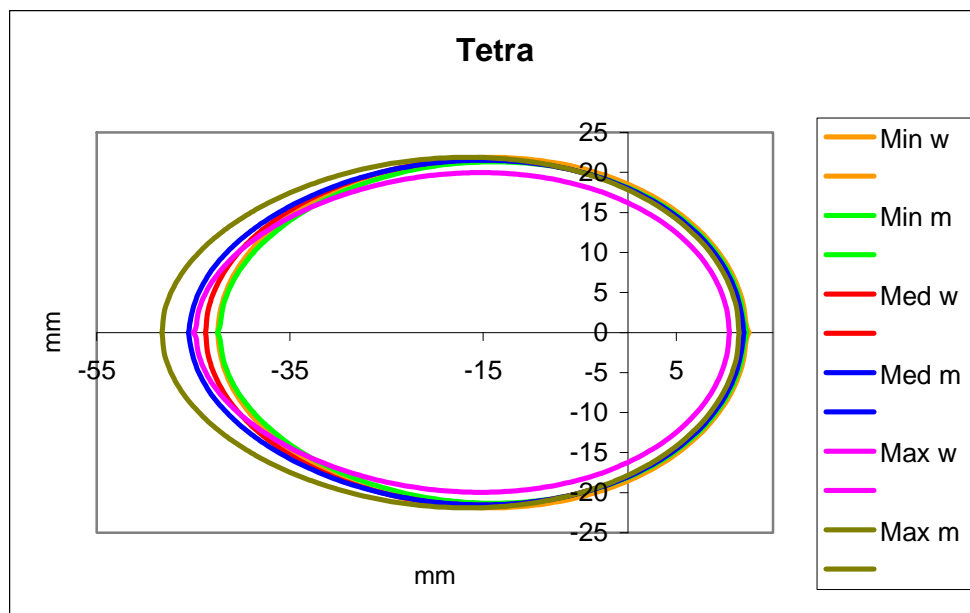
Die Werte beider Geschlechter können als normalverteilt beurteilt werden. Der p-Wert des Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung der Eier mit weiblichen Küken ist 0,68, der der Eier mit männlichen Küken ist 0,29.

Der Unterschied der arithmetischen Mittelwerte wurde mit dem Student t-Test auf Signifikanz getestet. Der p-Wert ist 0,51. Damit ist der Unterschied nicht signifikant.

#### 4 Ergebnisse



**Abbildung 4.27:** Histogramm der Werte der Größe D der Henne Tetra (n=51). Für diese Darstellung wurden die Werte von D mit 100 multipliziert.



**Abbildung 4.28:** Zeichnung einiger Eier der Henne Tetra, die jeweils den kleinsten und den größten Wert für D der Eier mit weiblichen und männlichen Küken annehmen. Außerdem sind die beiden Eier gezeichnet, die dem jeweiligen Median der Größe D am nächsten kommen.

Abbildung 4.28 zeigt wiederum 6 Eier. Diese Eier wurden von der Henne Tetra gelegt. Das Ei, welches ein weibliches Küken enthielt und den kleinsten Wert für D aufweist ist in orange abgebildet. Das entsprechende Ei mit männlichem Küken in hellgrün. Das Ei mit weiblichem Küken, welches dem Median der Eier mit weiblichen Küken am

## 4 Ergebnisse

nächsten kommt ist in rot gezeichnet. Das Ei mit männlichem Küken, welches dem Median der Eier mit männlichen Küken am nächsten kommt ist in blau gezeichnet. In pink und moosgrün sind die beiden Eier dargestellt, die die größten Werte D annehmen, pink das Ei mit weiblichem Küken, moosgrün das mit männlichem Küken.

Von der Henne Welsumer Zwerg wurde der Wert D für 49 Eier berechnet. Davon enthielten 20 weibliche und 29 männliche Küken.

Die Werte für D der Eier mit weiblichen Küken liegen zwischen 0,55 und 0,67. Das ist eine Spannweite von 0,13. Die Werte teilen sich auf in 7 Klassen des Histogramms (Abbildung 4.29). Der Median der Werte ist 0,58.

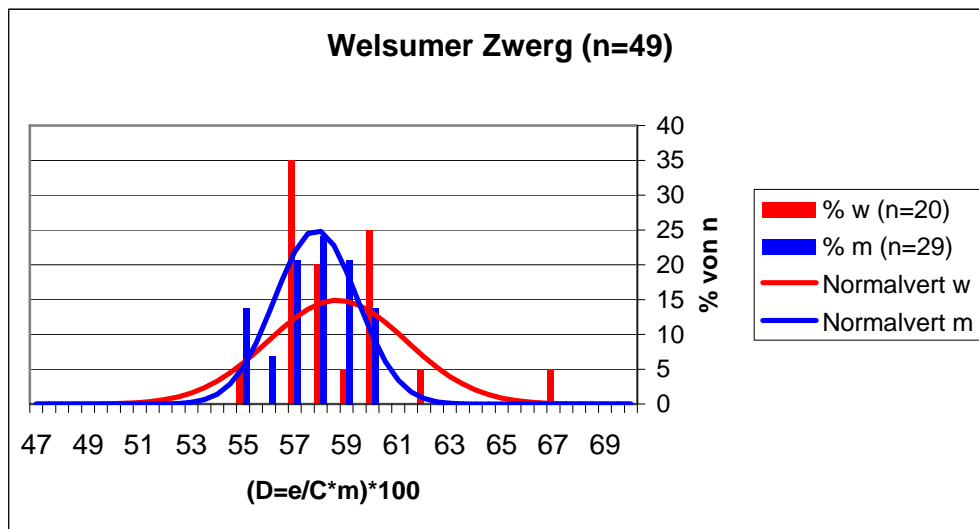
Die Werte der Eier mit männlichen Küken liegen zwischen 0,55 und 0,60, das entspricht einer Spannweite von 0,06. Es sind 6 Klassen des Histogramms besetzt. Der Median der Eier mit männlichen Küken liegt genau wie der der Eier mit weiblichen Küken bei 0,58.

Der arithmetische Mittelwert der Eier mit weiblichen Küken ist 0,586 bei einer Standardabweichung von 0,027. Der p-Wert des Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung liegt bei 0,50. Damit kann eine Normalverteilung angenommen werden.

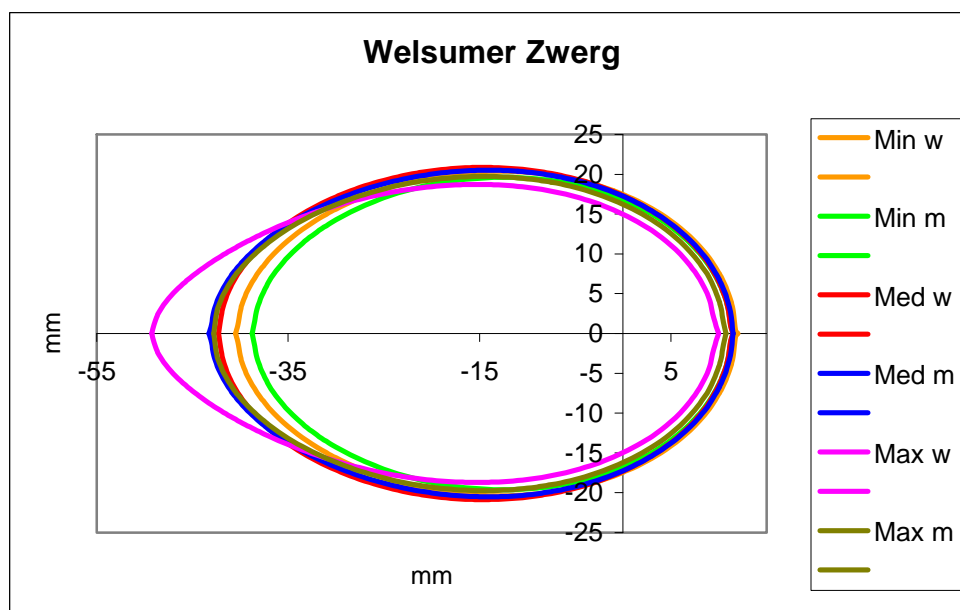
Der arithmetische Mittelwert der Eier mit männlichen Küken liegt bei 0,578, bei einer Standardabweichung von 0,016. Der p-Wert des Shapiro-Wilk-Tests ist  $p < 0,01$ . Das spricht gegen eine Normalverteilung, auch wenn das Histogramm, Abbildung 4.29 darauf hindeutet.

Der Student t-Test, der eingesetzt wurde, um zu prüfen, ob der Unterschied der arithmetischen Mittelwerte der beiden Geschlechter signifikant ist, liefert einen p-Wert von 0,23. Der Mann-Whitney-Test, der zusätzlich eingesetzt wurde weil der Shapiro-Wilk-Test gegen eine Normalverteilung spricht, ist 0,42. Der Unterschied ist damit nicht signifikant.

#### 4 Ergebnisse



**Abbildung 4.29:** Histogramm der Werte der Größe D der Henne Welsumer Zwerg (n=49). Für diese Darstellung wurden die Werte von D mit 100 multipliziert.



**Abbildung 4.30:** Zeichnung einiger Eier der Henne Welsumer Zwerg, die jeweils den kleinsten und den größten Wert für D der Eier mit weiblichen und männlichen Küken annehmen. Außerdem sind die beiden Eier gezeichnet, die dem jeweiligen Median der Größe D am nächsten kommen.

Die in Abbildung 4.30 gezeigten 6 Eier stammen von der Henne Welsumer Zwerg. In orange ist das Ei gezeichnet, das ein weibliches Küken enthielt und den kleinsten Wert D angenommen hat. In hellgrün ist das Ei gezeichnet, welches den kleinsten Wert D

## 4 Ergebnisse

zeigt und ein männliches Küken enthielt. In rot ist das Ei gezeichnet, das aus der den Eiern dieser Herkunft mit weiblichem Küken dem Median am nächsten kommt. In blau ist das entsprechende Ei mit männlichem Küken gezeichnet.

Das Ei, das in seiner Form am deutlichsten von den anderen abweicht, ist das Ei mit dem größten Wert D, welches ein weibliches Küken enthielt, es ist in pink gezeichnet. In moosgrün ist das Ei mit männlichem Küken gezeichnet, das den größten Wert D aufweist.

Von der Henne Maran 2 wurde der Wert D von 18 Eiern mit weiblichen Küken sowie von 31 Eiern mit männlichen Küken berechnet.

Die Werte lagen zwischen 0,53 und 0,61. Die der Eier mit weiblichem Küken zwischen 0,53 und 0,59. Das entspricht einer Spannweite von 0,06. Die Werte der Eier mit weiblichem Küken besetzten 7 Klassen des Histogramms, Abbildung 4.31. Der Median ist 0,56.

Die Werte der Eier mit männlichen Küken liegen zwischen 0,53 und 0,61, die Spannweite ist 0,08. Die Werte besetzten 8 Klassen des Histogramms. Der Median ist 0,56.

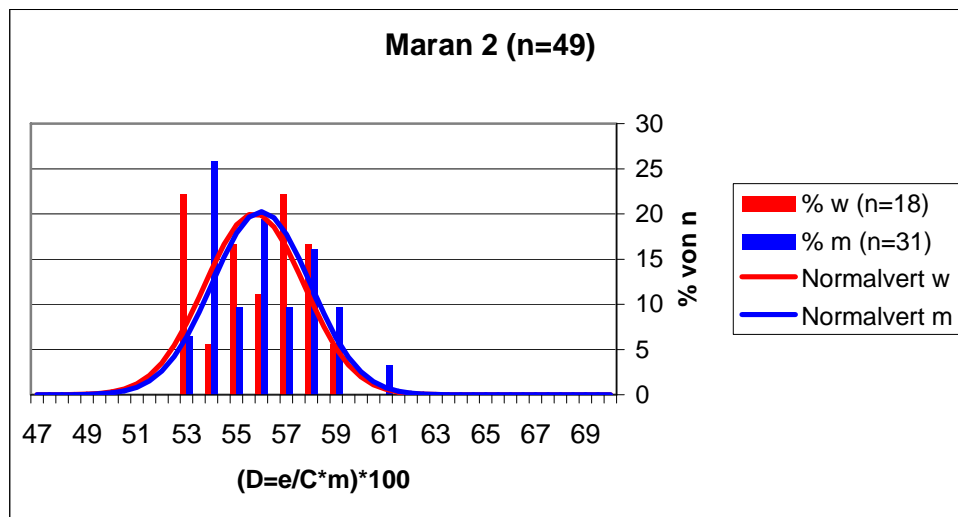
Der arithmetische Mittelwert des Wertes D der Eier mit weiblichen Küken beträgt 0,557 bei einer Standardabweichung von 0,020. Die Werte können als normalverteilt angesehen werden. Der p-Wert des Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung ist 0,22.

Der entsprechende arithmetische Mittelwert der Eier mit männlichen Küken ist 0,560 die Standardabweichung ist ebenfalls 0,020. Auch die Werte der Eier mit männlichen Küken können als normalverteilt beurteilt werden. Der p-Wert des Shapiro-Wilk-Tests ist 0,38.

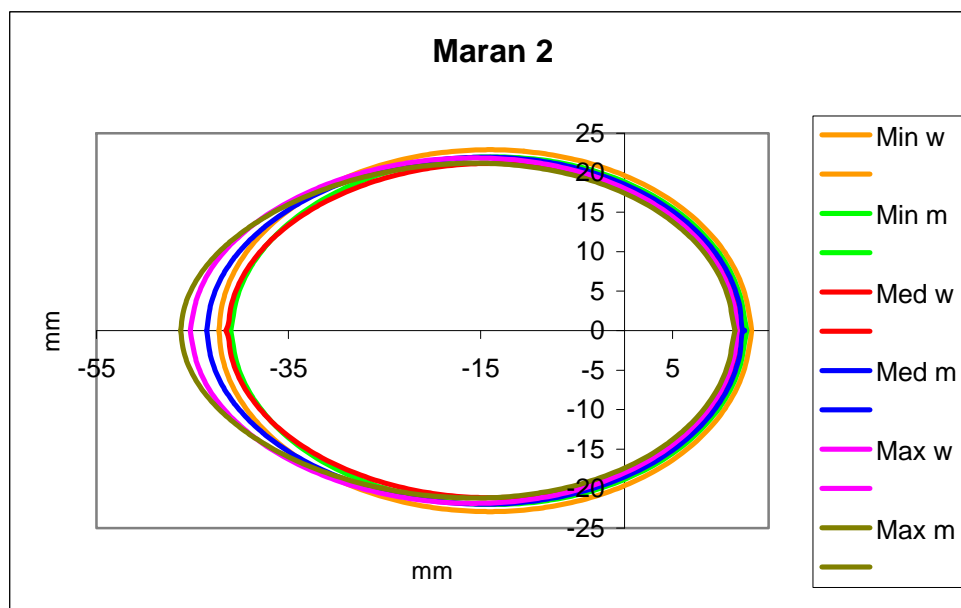
Der p-Wert des Student t-Tests zur Prüfung der Signifikanz des Unterschiedes der arithmetischen Mittelwerte der beiden Geschlechter ist 0,64. Damit ist der Unterschied der beiden Mittelwerte nicht signifikant.



## 4 Ergebnisse



**Abbildung 4.31:** Histogramm der Werte der Größe D der Henne Maran 2 (n=49). Für diese Darstellung wurden die Werte von D mit 100 multipliziert.



**Abbildung 4.32:** Zeichnung einiger Eier der Henne Maran 2, die jeweils den kleinsten und den größten Wert für D der Eier mit weiblichen und männlichen Küken annehmen. Außerdem sind die beiden Eier gezeichnet, die dem jeweiligen Median der Größe D am nächsten kommen.

Abbildung 4.32 zeigt 6 Eier der Henne Maran 2. In orange und hellgrün sind die Eier dargestellt, die den größten Wert D aufweisen. In orange das Ei mit weiblichem Küken, in hellgrün das mit männlichem. In rot ist das Ei der Eier mit weiblichen Küken abgebildet, welches dem Median von D am nächsten kommt. In blau das entsprechende Ei mit männlichem Küken. Die Eier, die die größten Werte D annehmen, sind in pink

## 4 Ergebnisse

und moosgrün dargestellt, in Pink das Ei mit weiblichem Küken, in moosgrün das mit männlichem.

Der Wert D wurde bei 58 Eiern der Henne Maran 3 berechnet und untersucht. 34 dieser Eier enthielten weibliche und 24 männliche Küken.

Die Eier mit weiblichen Küken wiesen Werte zwischen 0,54 und 0,59 auf. Das ist eine Spannweite von 0,05. Die Werte besetzen 6 Klassen des Histogramms (Abbildung 4.33). Der Median ist 0,57.

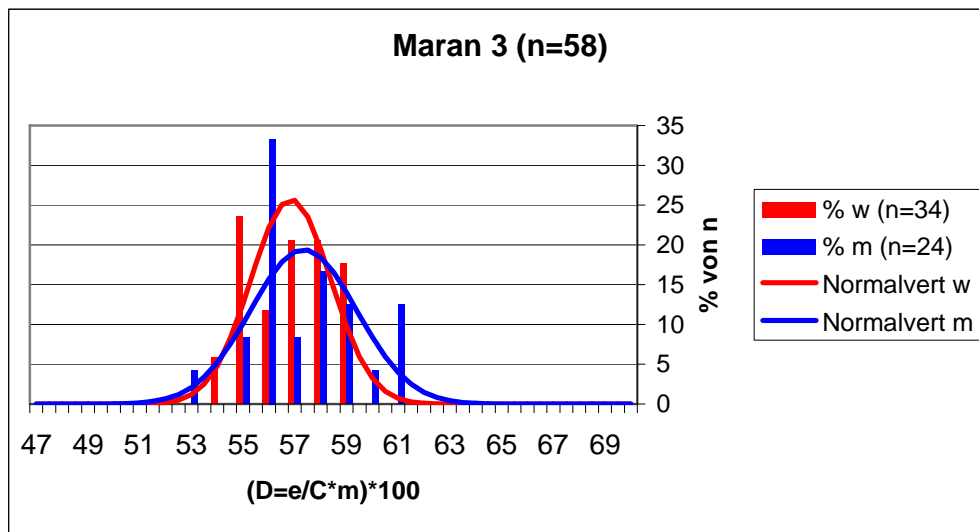
Die Eier mit männlichen Küken weisen Werte zwischen 0,53 und 0,61 auf, das entspricht einer Spannweite von 0,08, wobei 8 Klassen des Histogramms besetzt werden. Der Median der Eier mit männlichen Küken liegt bei 0,57.

Der arithmetische Mittelwert der Eier mit weiblichen Küken ist 0,568 bei einer Standardabweichung von 0,016. Die Verteilung der Werte kann als Normalverteilung angesehen werden. Der p-Wert des Shapiro-Wilk-Tests liegt bei 0,31.

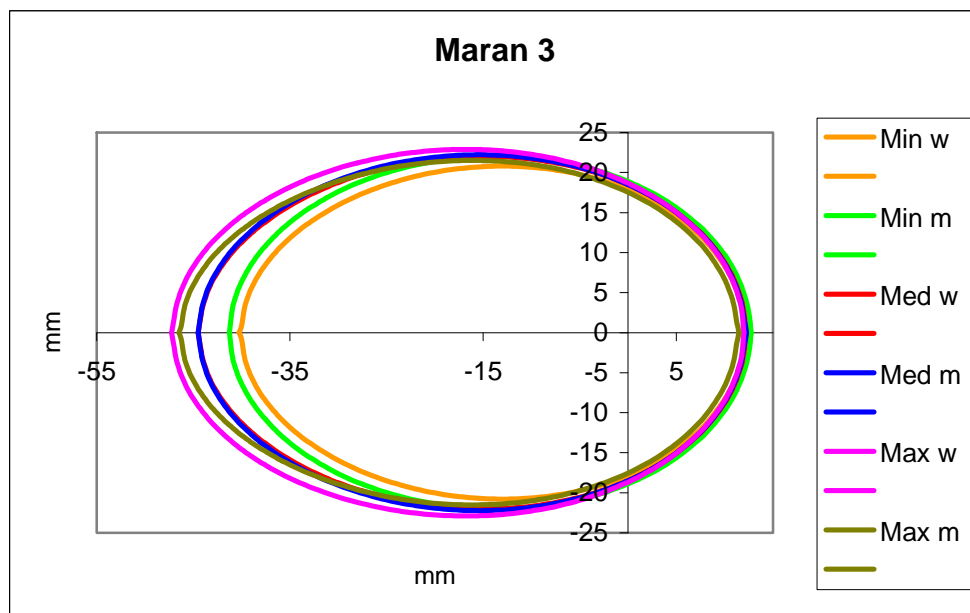
Der arithmetische Mittelwert der Eier mit männlichen Küken ist 0,573 bei einer Standardabweichung von 0,021. Auch dieser Verteilung liegt näherungsweise eine Normalverteilung zugrunde. Der p-Wert des Shapiro-Wilk-Tests der Werte liegt bei 0,24.

Der Unterschied der arithmetischen Mittelwerte beider Geschlechter wurde mittels des Student t-Tests auf Signifikanz getestet. Der p-Wert liegt bei 0,32, damit ist der Unterschied nicht signifikant.

#### 4 Ergebnisse



**Abbildung 4.33:** Histogramm der Werte der Größe D der Henne Maran 3 (n=58). Für diese Darstellung wurden die Werte von D mit 100 multipliziert.



**Abbildung 4.34:** Zeichnung einiger Eier der Henne Maran 3, die jeweils den kleinsten und den größten Wert für D der Eier mit weiblichen und männlichen Küken annehmen. Außerdem sind die beiden Eier gezeichnet, die dem jeweiligen Median der Größe D am nächsten kommen.

Abbildung 4.34 zeigt 6 Eier der Henne Maran 3. Dabei sind die Eier in rot und blau dargestellt, die den Medianen der Eier mit weiblichen und männlichen Küken am nächsten kommen, rot das Ei mit weiblichem Küken, blau das mit männlichem. In orange ist das Ei mit weiblichem Küken abgebildet, das den kleinsten Wert für D

## 4 Ergebnisse

annimmt, in hellgrün das Ei entsprechende Ei mit männlichem Küken. In pink ist das Ei dargestellt, das den größten Wert D aufweist und ein weibliches Küken enthielt. In moosgrün ist das Ei mit männlichem Küken abgebildet das den größten Wert D aufweist.

Von der Henne Shaver 2 wurde der Wert D von 49 Eiern berechnet und analysiert. Davon enthielten 25 Eier weibliche und 24 männliche Küken.

D liegt bei den Eiern mit weiblichen Küken zwischen 0,53 und 0,66, das entspricht einer Spannweite von 0,12. Der Median ist 0,59. Im Histogramm (Abbildung 4.35) werden 12 Klassen durch die Werte besetzt.

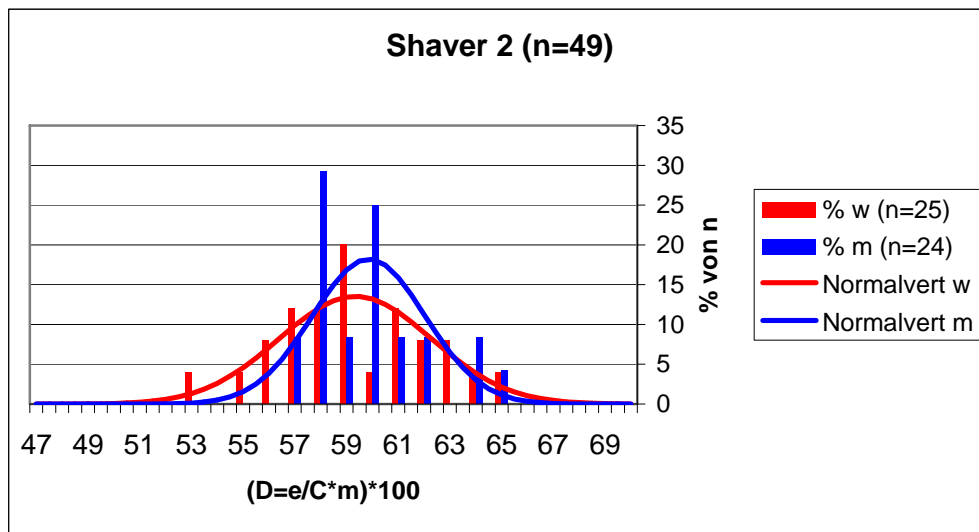
Bei den Eiern mit männlichen Küken liegt D zwischen 0,57 und 0,65, die Spannweite ist somit 0,074. Der Median ist 0,60. Im Histogramm werden 8 Klassen besetzt.

Der arithmetische Mittelwert der Eier mit weiblichen Küken ist 0,593 bei einer Standardabweichung von 0,029. Der p-Wert des Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung liegt mit 0,04 knapp unterhalb der Grenze von 0,05, die zur Annahme eine Normalverteilung führen würde.

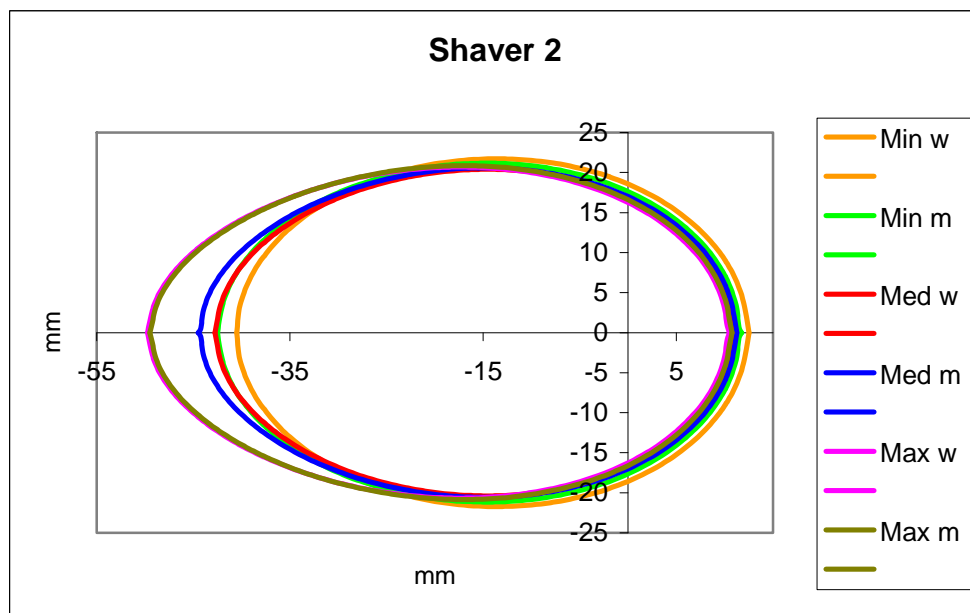
Der arithmetische Mittelwert der Eier mit männlichen Küken ist 0,599 bei einer Standardabweichung von 0,022. Für diese Werte kann eine Normalverteilung angenommen werden. Der p-Wert des Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung liegt bei 0,99.

Um den Unterschied der Mittelwerte auf Signifikanz zu überprüfen, wurde der Student t-Test durchgeführt. Der p-Wert dieses Tests liegt bei 0,49. Außerdem wurde der Mann-Whitney-Test durchgeführt, sein p-Wert ist 0,48. Damit ist der Unterschied der arithmetischen Mittelwerte der beiden Geschlechter der Henne Shaver 2 nicht signifikant.

#### 4 Ergebnisse



**Abbildung 4.35:** Histogramm der Werte der Größe D der Henne Shaver 2 (n=49). Für diese Darstellung wurden die Werte von D mit 100 multipliziert.



**Abbildung 4.36:** Zeichnung einiger Eier der Henne Shaver 2, die jeweils den kleinsten und den größten Wert für D der Eier mit weiblichen und männlichen Küken annehmen. Außerdem sind die beiden Eier gezeichnet, die dem jeweiligen Median der Größe D am nächsten kommen.

Auf Abbildung 4.36 sind 6 Eier der Henne Shaver 2 dargestellt. In orange das Ei mit weiblichem Küken, das den kleinsten Wert D aufweist. In pink das Ei mit weiblichem Küken, das den größten Wert D aufweist. Das hellgrüne Ei ist das Ei mit männlichem Küken, das den kleinsten Wert D zeigt, das moosgrüne Ei weist den größten Wert D der

#### 4 Ergebnisse

Eier mit männlichen Küken auf. In rot ist das Ei abgebildet, welches dem Median der Eier mit weiblichen Küken am nächsten kommt. In blau ist das Ei gezeichnet, das dem Median der Eier mit männlichen Küken am nächsten kommt.

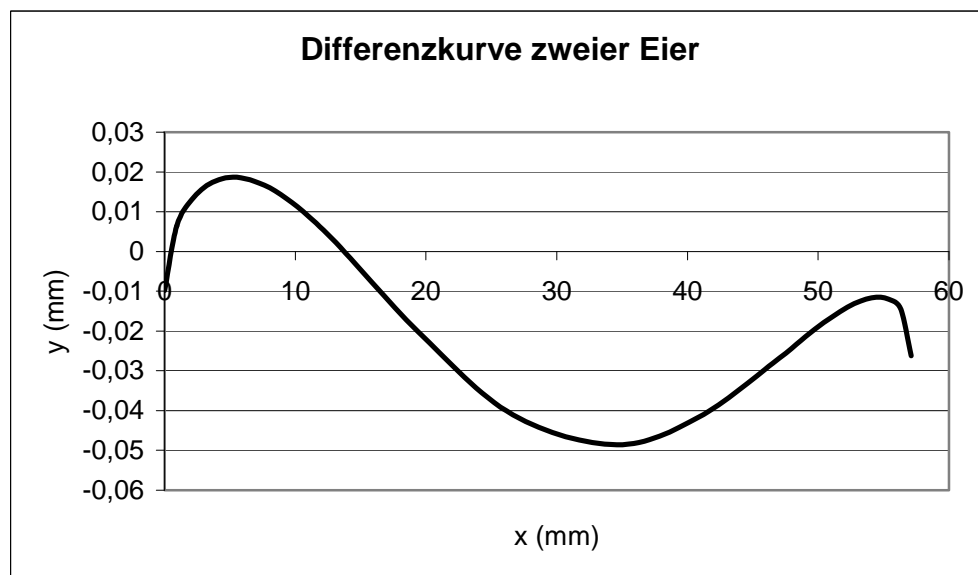
#### 4.7 Ellipse – Deformationsfunktion

Um die Eilinen zweier Eier, zum Beispiel eines Eies mit weiblichen Anlagen und eines Eies mit männlichen Anlagen zu vergleichen, wurden zunächst die beiden Funktionen  $egg(x)$  der Eier nach folgendem Grundgerüst berechnet, siehe auch Kapitel 3.2.5.

$$egg(x) = \sqrt{1 - \frac{4 * (x - (\frac{L}{2}))^2}{L^2}} * \frac{Q}{2} + ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e$$

Die beiden Funktionen der Eier wurden im nächsten Schritt voneinander subtrahiert. Abbildung 4.37 zeigt graphisch eine solche Differenzfunktion:

$$dif(x) = egg_w(x) - egg_m(x)$$



**Abbildung 4.37:** Graphische Darstellung der Differenzfunktion zweier Eifunktionen  $egg_w(x) - egg_m(x)$ . Zum Beispiel eines Eies mit weiblichen Anlagen und eines mit männlichen Anlagen.

## 4 Ergebnisse

Die Entfernung dieser Kurve von der x-Achse entspricht dabei dem Abstand der beiden Eilinen voneinander. Links vom spitzen Pol angefangen bis nach rechts zum stumpfen Pol hin gibt die Kurve den Verlauf des Abstandes der Eilinen über die ganze Länge der Eier wieder.

Es kann abgelesen werden, wie groß der Abstand an welcher Stelle ist. Außerdem kann man sehen, in welchen Bereichen das Ei mit den weiblichen Anlagen den größeren Querradius aufweist und in welchen Bereichen das Ei mit männlichen Anlagen stärker ist. Verläuft nämlich die Kurve im positiven Bereich, sprich oberhalb der x-Achse, dann ist in dem Bereich das Ei mit weiblichen Anlagen stärker. Verläuft sie im negativen, dann ist das Ei mit männlichen Anlagen stärker.

Um Eier mit Küken verschiedenen Geschlechts zu vergleichen und um nicht jedes einzelne weibliche mit jedem einzelnen männlichen Küken einer Herkunft zu vergleichen (das würde zu einer Unzahl nicht auswertbarer Ergebnisse führen), wurden die Eier einer Herkunft, nach Geschlecht getrennt, mit Hilfe von statistischen Parametern zusammengefasst und die relativ große Menge an Messwerten auf die folgenden, relevante Werte reduziert. Um die ganze Bandbreite der Eier zu berücksichtigen, wurden die Extremwerte, also Minima und Maxima der Messwerte, verglichen. Um die Mitte, den Durchschnitt der Eier, zu erfassen, wurden die arithmetischen Mittelwerte und die Mediane berechnet und nach dem Beispiel eines Box-and-Whisker-Plot die beiden Quartile  $Q_1$  und  $Q_3$  verglichen. So wurden die gerade beschriebenen statistischen Parameter für die Messwerte Länge und Breite sowie für jeden einzelnen Messwert berechnet, der mit der Lochscheibe des Messgerätes gemessen worden ist.

Es liegen also vor der Minimalwert, der Maximalwert, der Median, der arithmetische Mittelwert und das erste und dritte Quartil für die Messwerte Länge und Breite sowie für die Messwerte der Radien:  $r=2,5$  mm;  $r=5$  mm;  $r=7,5$  mm;  $r=10$  mm;  $r=12,5$  mm;  $r=15$  mm;  $r=17,5$  mm;  $r=20$  mm;  $r=22,5$  mm;  $r=25$  mm einmal vom spitzen Pol des Eies gemessen und einmal vom stumpfen Pol aus gemessen.

Aus jeweils den arithmetischen Mittelwerten aller Messwerte der Eier mit weiblichen Anlagen und aus allen Eiern mit männlichen Anlagen wurde nun also je eine Eifunktion berechnet. Ebenso wie für alle anderen berechneten statistischen Größen.



## 4 Ergebnisse

Da es die Vergleichbarkeit zweier Funktionen erhöht, wurde die jeweilige Länge der beiden zu vergleichenden Eier gemittelt und für die Berechnung beider Funktionen dieser arithmetische Mittelwert der Länge eingesetzt.

Die jeweilige Eifunktion der Eier mit männlichen Anlagen wurde im nächsten Schritt von der Eifunktion der Eier mit weiblichen Anlagen subtrahiert. So entstanden für jede Herkunft jeweils eine Differenzfunktion für die minimalen und die maximalen Werte, für die Mediane, für den arithmetischen Mittelwert und für die Werte von  $Q_1$  und  $Q_3$ . Diese Differenzkurven wurden gezeichnet und miteinander verglichen. Tabelle 4.12 gibt exemplarisch die Komponenten der Funktionen des arithmetischen Mittelwertes der Messwerte jeder Herkunft wieder.

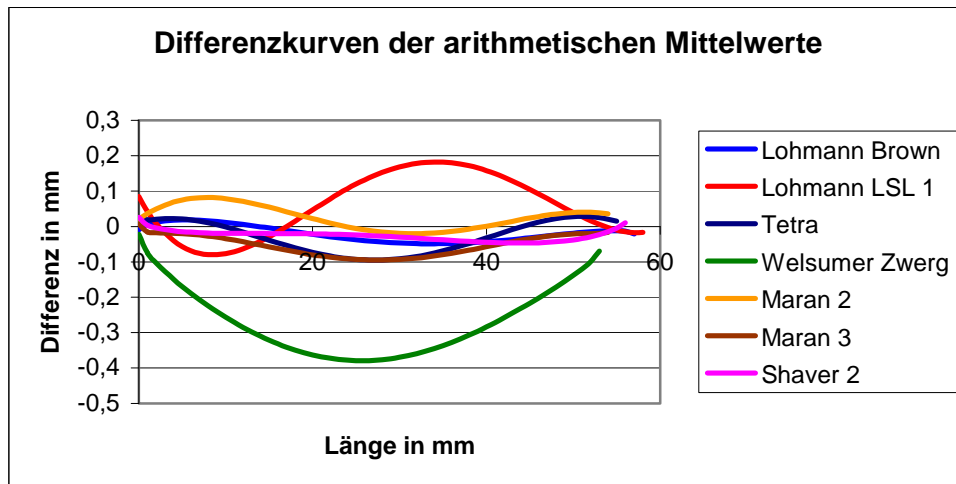
Setzt man diese in die folgende Funktion ein, entsteht als Graph die Eilinie.

$$egg(x) = \sqrt{1 - \frac{4 * (x - (\frac{L}{2}))^2}{L^2}} * \frac{Q}{2} + ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e$$

**Tabelle 4.12:** Die Konstanten der Funktion  $egg(x)$  und ihrer Ableitungen, getrennt nach Geschlecht und Herkunft. Berechnet aus den arithmetischen Mittelwerten der einzelnen Messwerte.

Gruppe	♀/♂	Q	L	a	B	C	d	e
Lohmann	♀	43,87	57,11	3,29042E-06	-0,00044902	0,018998	-0,230697	-0,158759
Braun	♂	43,74	57,11	3,37518E-06	-0,00046027	0,019364	-0,230392	-0,148957
LSL1	♀	43,88	58,52	2,8201E-06	-0,00039589	0,017338	-0,218912	-0,188992
	♂	43,9	58,52	2,1794E-06	-0,00031019	0,013816	-0,176199	-0,273157
Tetra	♀	42,3	55,93	-2,82853E-07	-2,0572E-05	0,003432	-0,06984	-0,405312
	♂	42,44	55,93	1,52807E-07	-6,8223E-05	0,004986	-0,083797	-0,429872
Wel. Zwerg	♀	39,96	53,28	6,42267E-06	-0,00076006	0,027636	-0,283134	-0,483499
	♂	40,27	53,28	6,60389E-06	-0,0007773	0,027846	-0,272357	-0,461517
Maran2	♀	42,94	54,89	-4,29697E-08	-5,0124E-05	0,004506	-0,083043	-0,304128
	♂	42,95	54,89	3,18145E-07	-9,3737E-05	0,006146	-0,101585	-0,32479
Maran3	♀	42,36	54,84	-4,84317E-07	-1,0821E-05	0,003696	-0,083638	-0,279088
	♂	42,64	54,84	-1,59867E-07	-4,6368E-05	0,004964	-0,099742	-0,286341
Shever2	♀	41,92	56,48	6,13716E-07	-0,00013843	0,008276	-0,124921	-0,527823
	♂	42,11	56,48	5,44836E-07	-0,00013231	0,008192	-0,127339	-0,553961

Abbildung 4.38 zeigt die 7 Graphen der Differenzfunktionen, die aus den beiden Eifunktionen der Geschlechter der Herkünfte Lohmann Brown und Lohmann LSL 1, und der Hennen Tetra, Welsumer Zwerg, Maran 2, Maran 3 und Shaver 2 berechnet worden sind. In diesem Falle liegen die arithmetischen Mittelwerte der Messwerte zugrunde.



**Abbildung 4.38:** Graphische Darstellung der Differenzfunktionen verschiedener Herkünfte. Die zugrunde liegenden Funktionen wurden aus den arithmetischen Mittelwerten der Messwerte nach Herkunft und Geschlecht getrennt berechnet.

Auf den folgenden Abbildungen sind nun einerseits Eier gezeichnet und andererseits Graphen von Differenzfunktionen aus je zwei der abgebildeten Eier dargestellt.

Die Zeichnungen der Eier setzten sich aus den Graphen der Funktionen  $\text{egg}_{\text{Min}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Max}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Med}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Q1}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Q3}}(x)$  der Eier mit weiblichen sowie der Eier mit männlichen Anlagen einer Herkunft und ihrem Spiegelbild den Graphen der Funktionen  $-\text{egg}_{\text{Min}}(x)$ ,  $-\text{egg}_{\text{Max}}(x)$ ,  $-\text{egg}_{\text{Med}}(x)$ ,  $-\text{egg}_{\text{Q1}}(x)$ ,  $-\text{egg}_{\text{Q3}}(x)$  zusammen.

Für die Darstellung der Differenzkurven wurde wiederum nur die positive Funktion, also die, die im ersten Quadranten des Koordinatensystems abbildet, herangezogen.

Bei den Darstellungen der Differenzfunktionen und deren Beschreibung handelt es sich um eine rein deskriptive Form der Beurteilung.

### 4.7.1. Lohmann Brown

Abbildung 4.39 zeigt insgesamt die Graphen von 10 Eifunktionen sowie ihr Spiegelbild entlang der x-Achse.

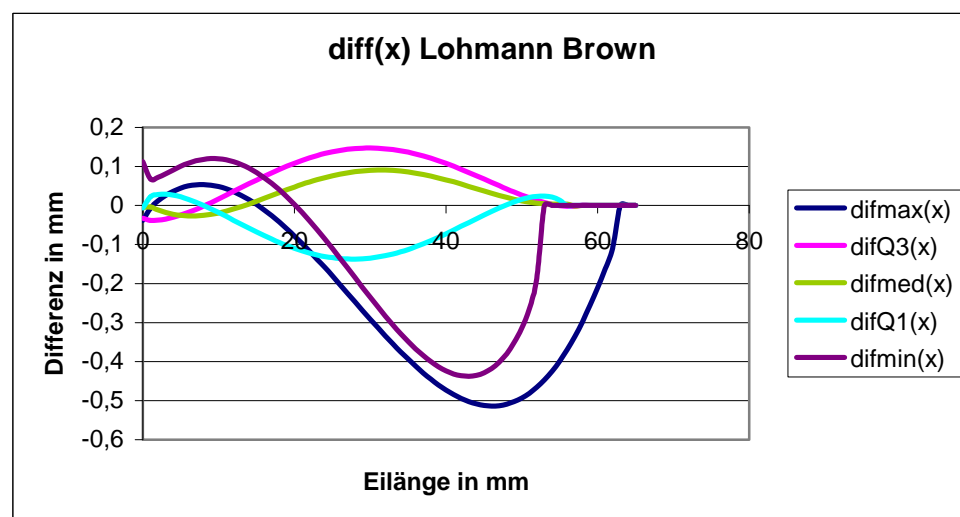
Bei den abgebildeten Eilinen handelt es sich um die Graphen zu den Eifunktionen die aus den Minima, den Maxima, den Medianen sowie den ersten und dritten Quartilen der Eier der Herkunft Lohmann Brown berechnet worden sind. Für jeden statistischen Parameter ist jeweils der Graph der Eifunktionen der Eier mit weiblichen und der Eier mit männlichen Anlagen dargestellt.

Somit sind also die folgenden Funktionen abgebildet:  $\text{egg}_{\max,w}(x)$ ,  $\text{egg}_{\max,m}(x)$ ,  $\text{egg}_{\min,w}(x)$ ,  $\text{egg}_{\min,m}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{med},w}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{med},m}(x)$ ,  $\text{egg}_{Q1,w}(x)$ ,  $\text{egg}_{Q1,m}(x)$ ,  $\text{egg}_{Q3,w}(x)$ ,  $\text{egg}_{Q3,m}(x)$  sowie ihre Spiegelbilder:  $-\text{egg}_{\max,w}(x)$ ,  $-\text{egg}_{\max,m}(x)$ ,  $-\text{egg}_{\min,w}(x)$ ,  $-\text{egg}_{\min,m}(x)$ ,  $-\text{egg}_{\text{med},w}(x)$ ,  $-\text{egg}_{\text{med},m}(x)$ ,  $-\text{egg}_{Q1,w}(x)$ ,  $-\text{egg}_{Q1,m}(x)$ ,  $-\text{egg}_{Q3,w}(x)$ ,  $-\text{egg}_{Q3,m}(x)$ .

#### 4 Ergebnisse



**Abbildung 4.39:** Graphische Darstellung der Eifunktionen der Eier der Herkunft Lohmann Brown:  $\text{egg}_{\text{Min}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Max}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Med}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Q1}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Q3}}(x)$ . Eier mit weiblichen Anlagen in rot und pink, Eier mit männlichen Anlagen in blau und grün.



**Abbildung 4.40:** Graphische Darstellung der Differenzfunktionen:  $\text{dif}_{\text{max}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{min}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{med}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{Q1}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{Q3}}(x)$  der Herkunft Lohmann Brown. Die gesamte Höhe des dargestellten Bereiches der y-Achse beträgt 0,8 mm.

Abbildung 4.40 zeigt die Graphen der Differenzfunktionen zu den auf Abbildung 4.39 gezeigten Eifunktionen. Das sind die Graphen zu den Funktionen:  $\text{dif}_{\max}(x)$ ,  $\text{dif}_{\min}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{med}}(x)$ ,  $\text{dif}_{Q_1}(x)$  und  $\text{dif}_{Q_3}(x)$ . Dabei ist  $\text{dif}_{\max}(x)$  in dunkelblau,  $\text{dif}_{\min}(x)$  in braun,  $\text{dif}_{\text{med}}(x)$  in grün,  $\text{dif}_{Q_1}(x)$  in türkis und  $\text{dif}_{Q_3}(x)$  in rosa dargestellt.

Die Graphen der Differenzfunktionen der Mediane und der Quartile  $Q_3$  verlaufen nahezu über die gesamte Länge des Eies oberhalb der x-Achse. Das bedeutet, das Ei, welches aus den Werten der Eier mit weiblichen Anlagen entstanden ist, ist über die gesamte Länge dicker, also die Querradien sind praktisch überall größer als die des Eies, das aus den Eiern mit männlichen Anlagen entstanden ist.

Der Unterschied der Eier ist allerdings sehr klein. Bei den Eifunktionen der Mediane nicht einmal ein zehntel Millimeter, bei den 3.Quartilen etwa eineinhalb zehntel Millimeter.

Der Graph der Differenzfunktion der 1.Quartile verläuft fast über die gesamte Länge unterhalb der x-Achse. Das bedeutet, dass die Eilinie der Funktion, die aus den Eiern mit männlichen Anlagen berechnet worden ist, außerhalb derer verläuft, die aus den Eiern mit weiblichen Anlagen berechnet wurde. Also das berechnete Ei der Eier mit männlichen Anlagen über den ganzen Verlauf größere Querradien aufweist.

Die beiden Graphen, die zu den Funktionen gehören, die aus den Minima und den Maxima berechnet wurden, verlaufen im linken Teil der Darstellung oberhalb der x-Achse, im rechten Teil unterhalb der x-Achse. Das bedeutet, die zugrunde liegenden, Eier mit weiblichen Anlagen, also die aus den Minima und Maxima berechneten, sind auf der Seite des spitzen Pols stärker im Querdurchmesser und auf der Seite des stumpfen Pols schwächer als die entsprechenden Eier mit männlichen Anlagen. Bei den Maxima ist der Unterschied bis zu einem halben Millimeter und zwar gut 10 Millimeter vom stumpfen Ende des Eies entfernt.

### 4.7.2. LSL 1

Abbildung 4.41 zeigt auf gleiche Weise wie Abbildung 4.39 für die Eier der Herkunft Lohmann Brown, verschiedene aus denselben statistischen Parametern berechnete Eilinen der Herkunft Lohmann LSL 1.

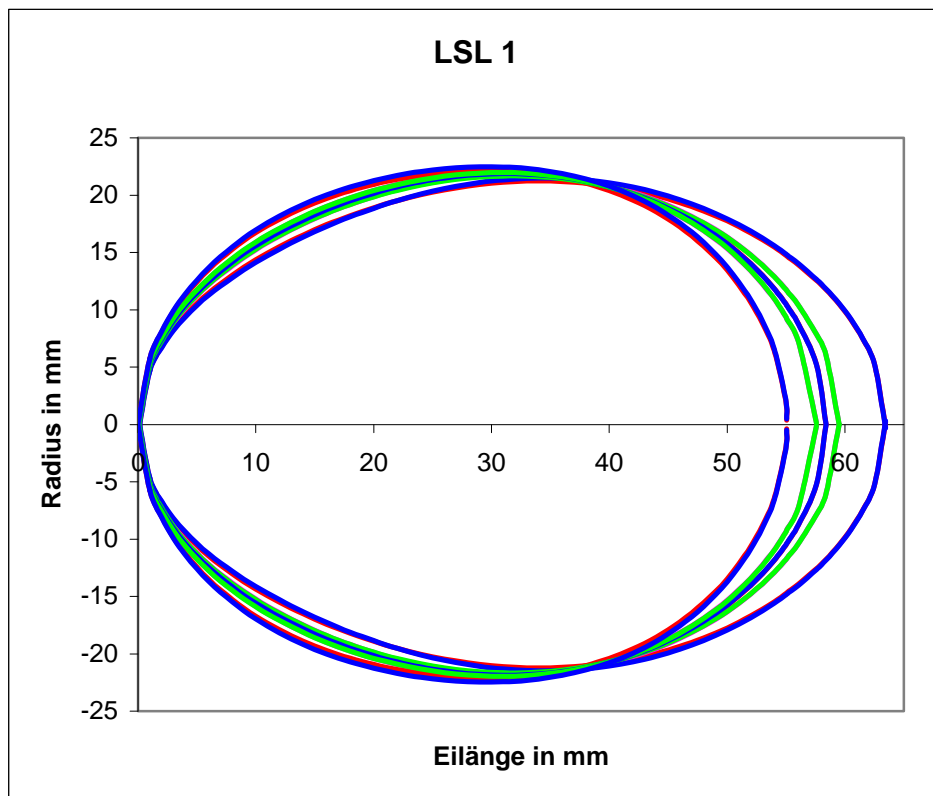
Die statistischen Parameter, die zur Berechnung der Eifunktionen herangezogen wurden, sind ebenfalls Minimum und Maximum, der Median sowie die Quartile  $Q_1$  und  $Q_3$ .

Wiederum wurden die Eifunktionen für Eier mit weiblichen Küken und für Eier mit männlichen Küken getrennt berechnet und ihre Graphen abgebildet.

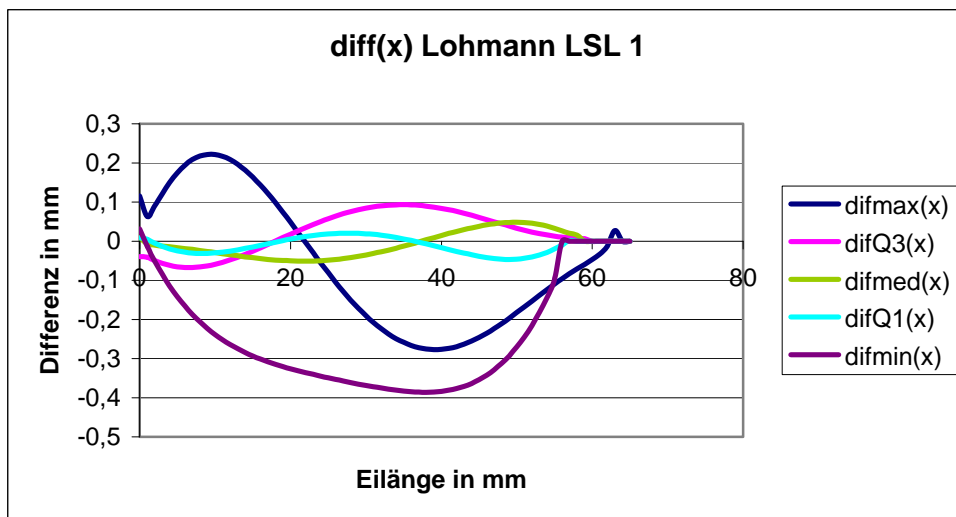
So sind auf Abbildung 4.41 die Graphen der Funktionen  $\text{egg}_{\max,w}(x)$ ,  $\text{egg}_{\max,m}(x)$ ,  $\text{egg}_{\min,w}(x)$ ,  $\text{egg}_{\min,m}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{med},w}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{med},m}(x)$ ,  $\text{egg}_{Q_1,w}(x)$ ,  $\text{egg}_{Q_1,m}(x)$ ,  $\text{egg}_{Q_3,w}(x)$ ,  $\text{egg}_{Q_3,m}(x)$  und wiederum ihre Spiegelbilder:  $-\text{egg}_{\max,w}(x)$ ,  $-\text{egg}_{\max,m}(x)$ ,  $-\text{egg}_{\min,w}(x)$ ,  $-\text{egg}_{\min,m}(x)$ ,  $-\text{egg}_{\text{med},w}(x)$ ,  $-\text{egg}_{\text{med},m}(x)$ ,  $-\text{egg}_{Q_1,w}(x)$ ,  $-\text{egg}_{Q_1,m}(x)$ ,  $-\text{egg}_{Q_3,w}(x)$ ,  $-\text{egg}_{Q_3,m}(x)$  zu sehen. In diesem Fall aus den Messwerten der Eier der Herkunft Lohmann LSL 1 berechnet.

Wiederum sind die Eilinen der Eier, die aus den Minima, den Maxima und den Medianen berechnet wurden in rot, für die Eier mit weiblichen Anlagen, und in blau, für die Eier mit männlichen Anlagen, dargestellt. Die Eilinen, deren Funktionen aus den Quartilen  $Q_1$  und  $Q_3$  berechnet worden sind, sind in pink, weiblich, und hellgrün, männlich, abgebildet.

#### 4 Ergebnisse



**Abbildung 4.41:** Graphische Darstellung der Eifunktionen der Eier der Herkunft Lohmann LSL 1:  $\text{egg}_{\text{Min}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Max}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Med}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Q1}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Q3}}(x)$ . Eier mit weiblichen Anlagen in rot und pink, Eier mit männlichen Anlagen in blau und grün.



**Abbildung 4.42:** Graphische Darstellung der Differenzfunktionen:  $\text{dif}_{\text{max}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{min}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{med}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{Q1}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{Q3}}(x)$  der Herkunft Lohmann LSL 1. Die gesamte Höhe des dargestellten Bereiches der y-Achse beträgt 0,8 mm.

## 4 Ergebnisse

Abbildung 4.42 zeigt die zu den Eifunktionen der auf Abbildung 4.41 gezeigten Eilinen gehörigen Differenzfunktionen, nämlich die Funktionen:  $\text{dif}_{\max}(x)$ ,  $\text{dif}_{\min}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{med}}(x)$ ,  $\text{dif}_{Q_1}(x)$  und  $\text{dif}_{Q_3}(x)$  der Herkunft Lohmann LSL 1.

Dabei ist  $\text{dif}_{\max}(x)$  in dunkelblau,  $\text{dif}_{\min}(x)$  in braun,  $\text{dif}_{\text{med}}(x)$  in grün,  $\text{dif}_{Q_1}(x)$  in türkis und  $\text{dif}_{Q_3}(x)$  in rosa dargestellt.

Der Funktionsgraph der Differenzfunktion der Maxima (dunkelblau) verläuft im linken Bereich oberhalb der x-Achse und wechselt dann bei etwas mehr als 20 mm in den negativen Bereich. Das bedeutet, dass das dazugehörige Ei mit weiblichen Anlagen am spitzen Pol bauchiger verläuft als das entsprechende Ei mit männlichen Anlagen und am stumpfen Pol schlanker.

Der Graph der Differenzfunktion der Minima (braun) verläuft über die ganze Länge unterhalb der x-Achse, das Ei der Minima welches aus den Eiern mit männlichen Anlagen berechnet wurde ist also über die ganze Länge bauchiger als das Ei das aus den Eiern mit weiblichen Anlagen berechnet wurde.

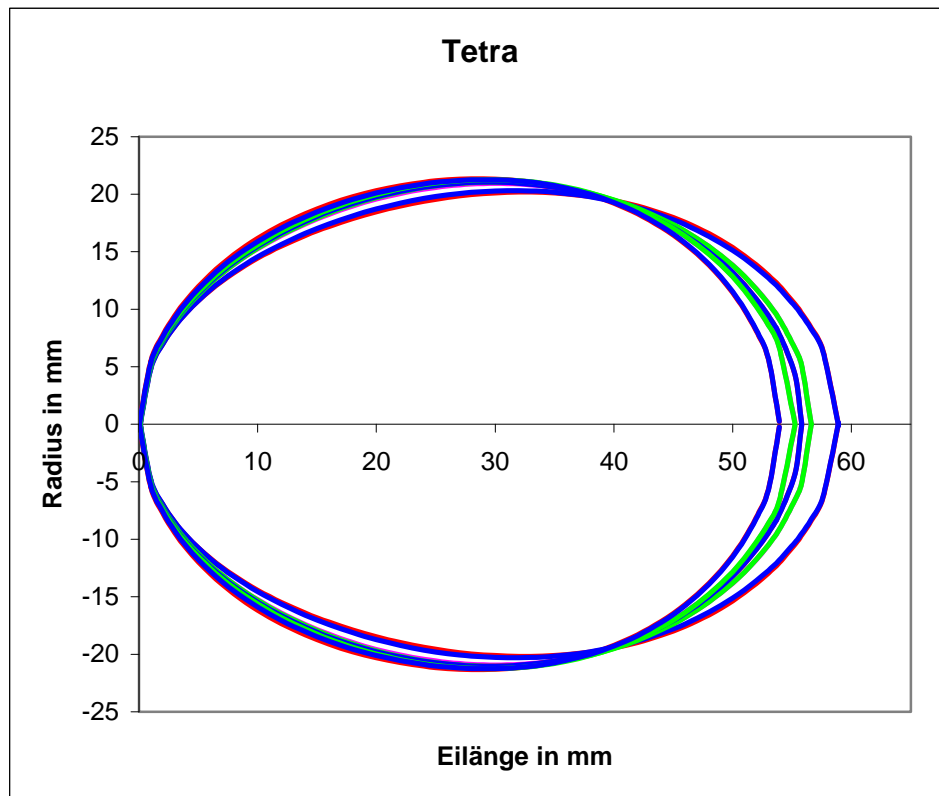
Die drei weiteren Graphen der Differenzfunktionen zeigen einen Ausschlag von weniger als einem Zehntel Millimeter in beide Richtungen.

Die Graphen von den Quartilen  $Q_3$  und den Medianen verlaufen im linken, also im Bereich des spitzen Eipols unterhalb der x-Achse, was bedeutet, dass die zugrunde liegenden Eier mit weiblichen Anlagen hier schlanker verlaufen. Im rechten, zum stumpfen Ende des Eies gehörigen Bereich ist es dann umgekehrt. Hier sind die Eier mit weiblichen Anlagen insgesamt bauchiger.

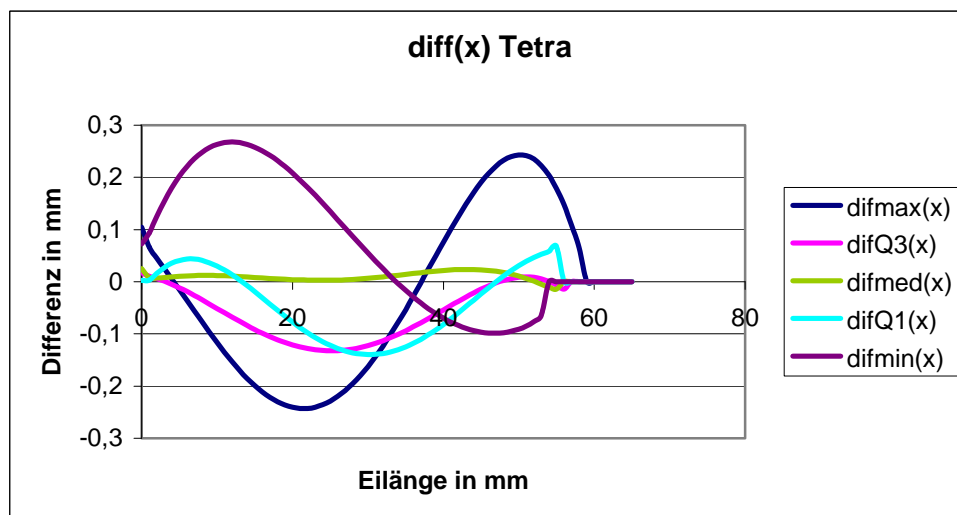
Der letzte, zu den 1.Quartilen gehörige Graph verläuft rechts und links unterhalb und in der Mitte minimal oberhalb der x-Achse. Das bedeutet, dass die Eier mit weiblichen Anlagen im Bereich der Eipole etwas schlanker und in der Mitte etwas bauchiger als die entsprechenden Eier mit männlichen Anlagen verlaufen.



### 4.7.3. Tetra



**Abbildung 4.43:** Graphische Darstellung der Eifunktionen der Eier der Henne Tetra:  $\text{egg}_{\text{Min}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Max}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Med}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Q1}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Q3}}(x)$ . Eier mit weiblichen Anlagen in rot und pink, Eier mit männlichen Anlagen in blau und grün.



**Abbildung 4.44:** Graphische Darstellung der Differenzfunktionen:  $\text{dif}_{\text{max}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{min}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{med}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{Q1}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{Q3}}(x)$  der Henne Tetra. Die gesamte Höhe des dargestellten Bereiches der y-Achse beträgt 0,6 mm.

## 4 Ergebnisse

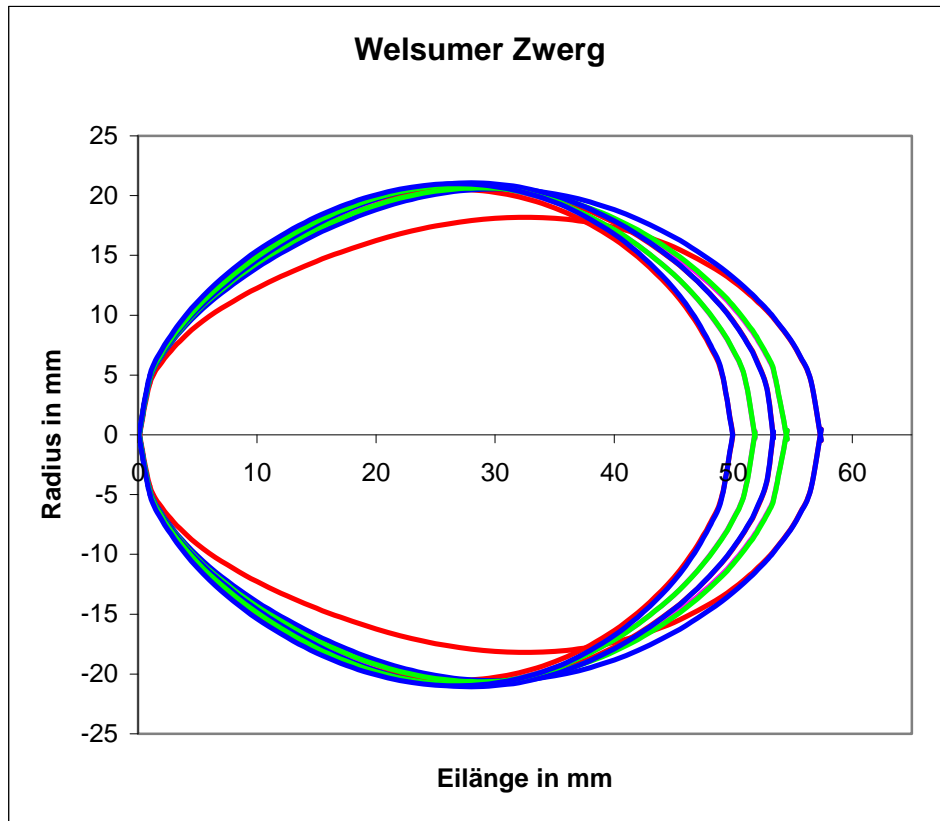
Der Funktionsgraph der Differenzfunktion, die aus den Maxima der Messwerte der Henne Tetra berechnet worden ist, auf Abbildung 4.44 in blau dargestellt, verläuft im linken, zum spitzen Pol des Eies gehörigen Teil unterhalb der x-Achse und im rechten Teil oberhalb der x-Achse. Das bedeutet, dass die Eier der Maxima mit weiblichen Anlagen im Bereich des spitzen Pols schlanker und im Bereich des stumpfen Pols bauchiger sind als die entsprechenden Eier mit männlichen Anlagen.

Bei den Eiern, die aus den Minima berechnet wurden verhält es sich genau umgekehrt, hier verläuft der Graph der Differenzfunktion links im positiven Bereich und rechts im negativen, folglich ist das Ei der Minima welches aus den Werten der Eier mit weiblichen Anlagen berechnet wurde am spitzen Pol bauchiger und am stumpfen Pol schlanker als das entsprechende Ei das aus den Werten der Eier mit männlichen Anlagen berechnet wurde.

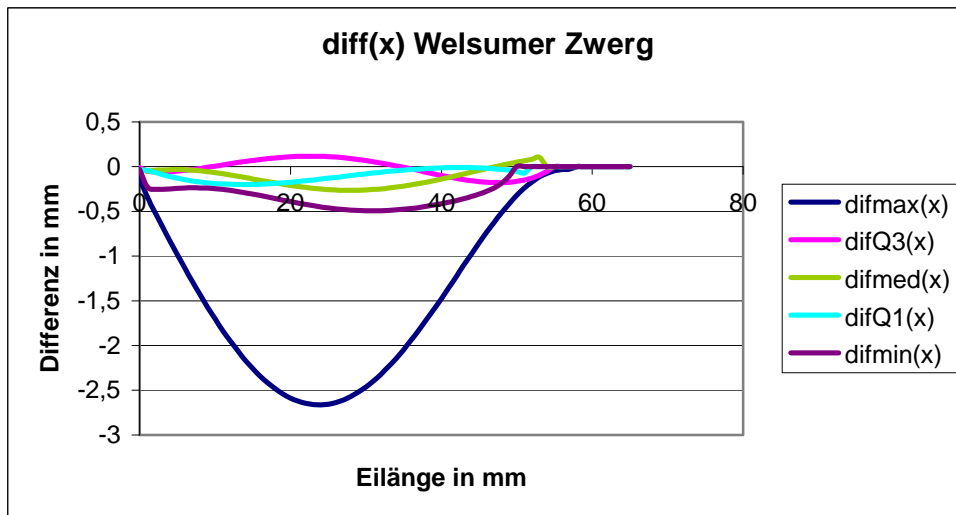
Die beiden Eifunktionen, die aus den Medianen berechnet wurden liefern Graphen, die sich so ähnlich sind, dass der Graph der Differenzfunktion (grün) fast gar nicht von der x-Achse abweicht, lediglich im rechten Bereich ist ein kleiner Ausschlag nach oben zu erkennen, was bedeutet, dass das Ei der Eier mit weiblichen Anlagen hier etwas stärker ist.

Die beiden Graphen der Differenzfunktionen, die aus den Quartilen  $Q_1$  und  $Q_3$  berechnet wurden, türkis  $Q_1$  und pink  $Q_3$ , verlaufen überwiegend unterhalb der x-Achse. Das bedeutet, dass die berechneten Graphen der Eier mit männlichen Anlagen insgesamt stärker sind als die mit weiblichen. Die Kurve der ersten Quartile verläuft zu ihren Rändern hin oberhalb der x-Achse, hier ist dann das Ei der Eier mit männlichen Anlagen schlanker als das der Eier mit weiblichen Anlagen.

#### 4.7.4. Welsumer Zwerg



**Abbildung 4.45:** Graphische Darstellung der Eifunktionen der Eier der Henne Welsumer Zwerg:  $\text{egg}_{\text{Min}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Max}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Med}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Q1}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Q3}}(x)$ . Eier mit weiblichen Anlagen in rot und pink, Eier mit männlichen Anlagen in blau und grün.



**Abbildung 4.46:** Graphische Darstellung der Differenzfunktionen:  $\text{dif}_{\text{max}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{min}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{med}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{Q1}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{Q3}}(x)$  der Henne Welsumer Zwerg. Die gesamte Höhe des dargestellten Bereiches der y-Achse beträgt 3,5 mm.

## 4 Ergebnisse

Abbildung 4.46 zeigt bei dem Graphen der Differenzfunktion, die aus den Maxima der Eier der Henne Welsumer Zwerg berechnet worden ist (blau), einen deutlichen Ausschlag nach unten. Wie auch auf Abbildung 4.45 zu sehen verläuft die Linie des Eies, welches aus den Werten der Eier mit weiblichen Anlagen berechnet wurde, eindeutig schlanker als die des Eies welches aus den Werten der Eier mit männlichen Anlagen berechnet wurde. Und zwar über die ganze Länge hinweg, das spiegelt sich durch den Verlauf des Graphen der Differenzfunktion unterhalb der x-Achse wider.

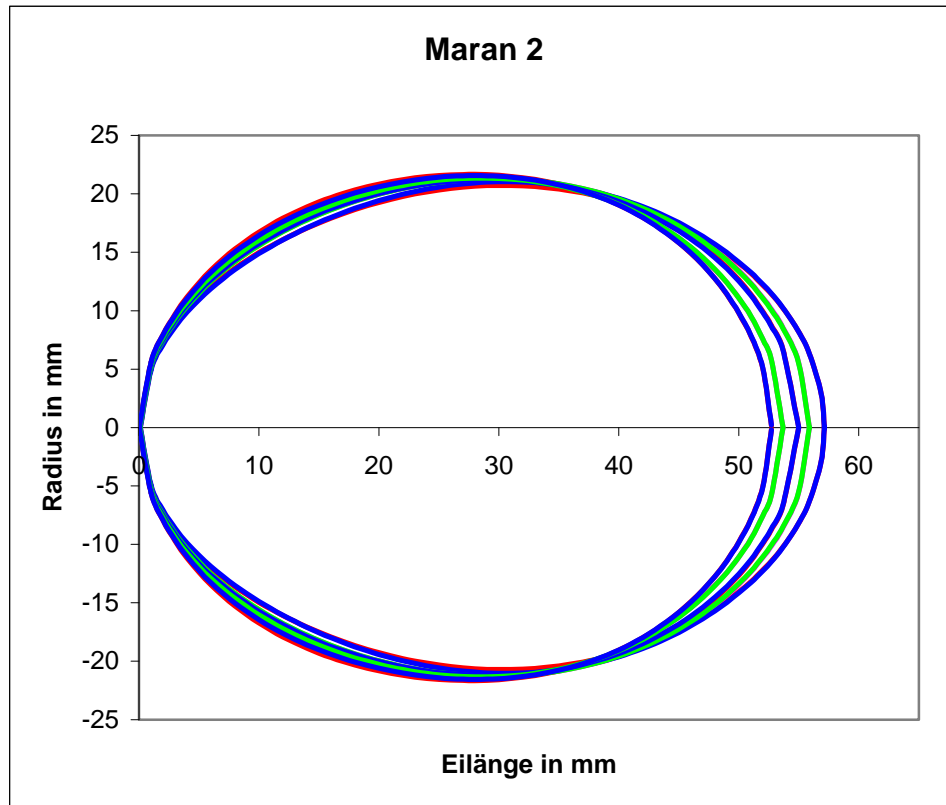
Auch der Graph der Differenzfunktion der Minima (braun) verläuft in gleicher Weise, wenn auch viel weniger deutlich. Also ist auch das Ei, dass aus den Minima der Messwerte der Eier mit weiblichen Anlagen berechnet wurde insgesamt schlanker als das entsprechende Ei der Werte der Eier mit männlichen Anlagen.

Und auch der grüne Graph, der zu der Differenzfunktion der Mediane gehört verläuft über seine ganze Länge im negativen Bereich. Also ist auch hier das Ei der Eier mit weiblichen Anlagen schlanker als das Ei der Eier mit männlichen Anlagen.

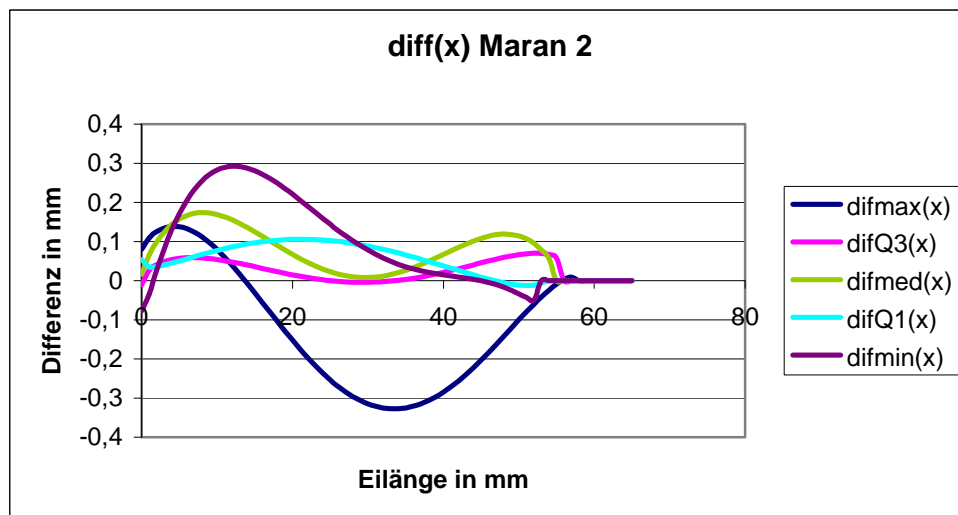
Lediglich der rosafarbene Funktionsgraph, der der 3.Quartile, überschreitet die x-Achse in seinem Verlauf. Hier ist also das Ei, das aus den Eiern berechnet wurde die weibliche Anlagen enthielten an seinen Polen schlanker und in der Mitte etwas stärker als das Ei, welches aus den Eiern mit männlichen Anlagen berechnet wurde.

Der türkise Funktionsgraph, dessen Funktion aus den 1.Quartilen berechnet wurde, verläuft im linken Bereich, also im Bereich des spitzen Pols unterhalb der x-Achse, im rechten Bereich etwa auf der x-Achse. Eier mit männlichen und weiblichen Anlagen sind im Bereich des stumpfen Eipols also gleich, im Bereich des spitzen Eipols sind die Eier mit weiblichen Anlagen schlanker.

#### 4.7.5. Maran 2



**Abbildung 4.47:** Graphische Darstellung der Eifunktionen der Eier der Henne Maran 2:  $\text{egg}_{\text{Min}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Max}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Med}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Q1}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Q3}}(x)$ . Eier mit weiblichen Anlagen in rot und pink, Eier mit männlichen Anlagen in blau und grün.



**Abbildung 4.48:** Graphische Darstellung der Differenzfunktionen:  $\text{dif}_{\text{max}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{min}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{med}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{Q1}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{Q3}}(x)$  der Henne Maran 2. Die gesamte Höhe des dargestellten Bereiches der y-Achse beträgt 0,8 mm.

## 4 Ergebnisse

Der Graph der Differenzfunktion der Maxima der Henne Maran 2 verläuft im ganz linken Bereich oberhalb, dann teilweise deutlich unterhalb der x-Achse. Das bedeutet, dass die für die Berechnung der Differenzfunktion zugrunde liegenden Eier mit weiblichen Anlagen im Bereich des spitzen Eipols insgesamt bauchiger, in der Mitte und im Bereich des stumpfen Pols schlanker verlaufen als die entsprechende Eier mit männlichen Anlagen.

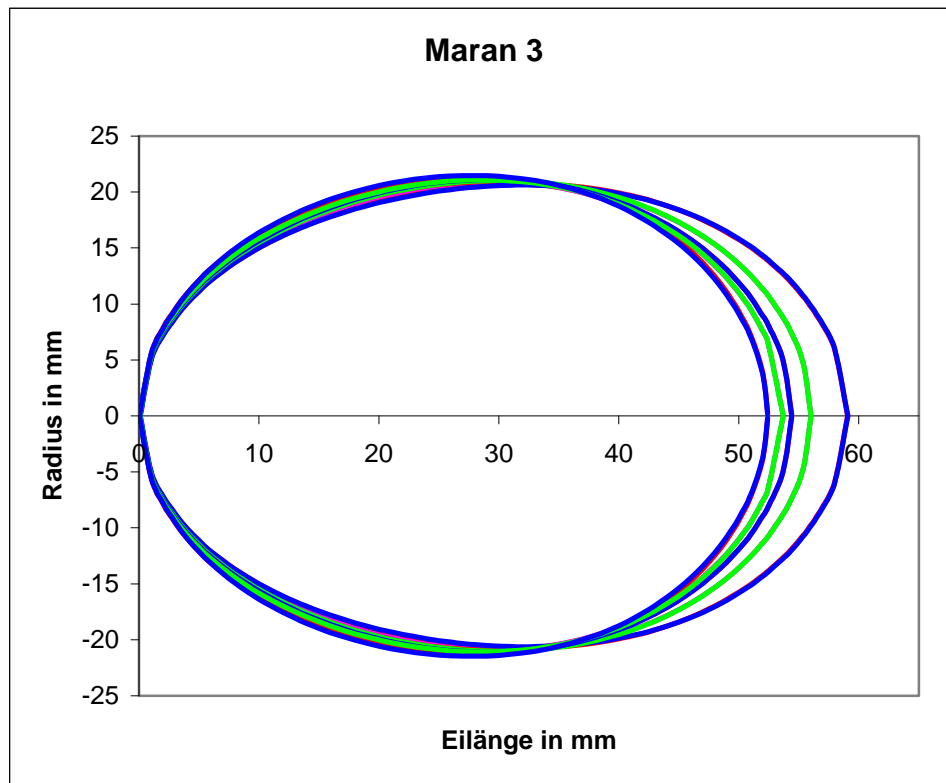
Der Graph der Differenzfunktion der Minima verläuft hingegen überwiegend oberhalb der x-Achse. Lediglich an seinen Rändern unterschreitet er sie. Somit ist das Ei mit weiblichen Anlagen, welches aus den Minima der Messwerte berechnet wurde, im Bereich des spitzen Eipols bauchiger als das Ei das aus den Messwerten der Eier mit männlichen Anlagen berechnet wurde. Zur Mitte und weiter zum stumpfen Eipol hin nähern sich beide Eier dann an.

Der Verlauf der grünen Kurve, rechts und links je ein Maximum, in der Mitte eine Annäherung an die x-Achse, bedeutet, dass das Ei, welches aus den Eiern mit weiblichen Anlagen berechnet wurde an beiden Polen bauchiger verläuft als das entsprechende Ei der Eier mit männlichen Anlagen. In der Mitte ist kaum ein Unterschied im Durchmesser der beiden Eier.

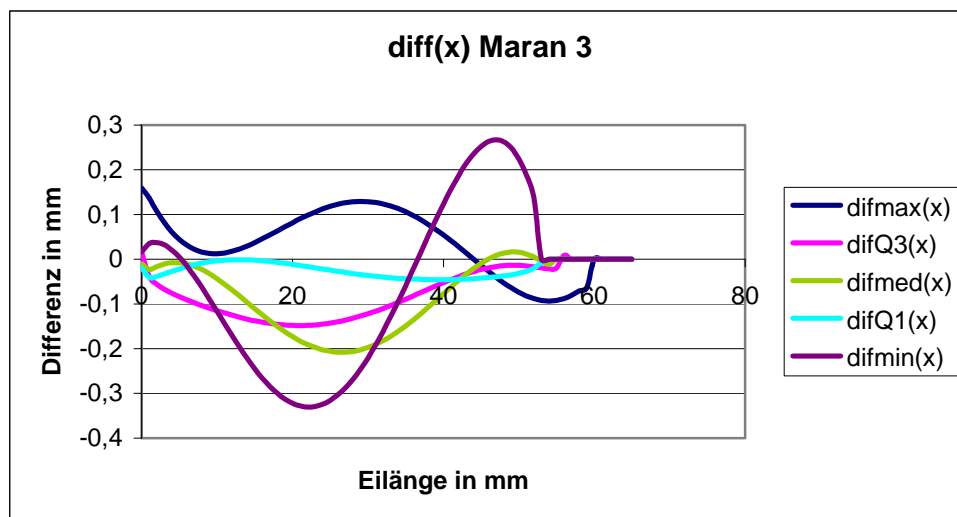
Der rosafarbene Graph, der zu den 3.Quartilen gehört verläuft im Prinzip genau wie der der Mediane, lediglich der Ausschlag ist weniger deutlich. Also ist auch das Ei, das aus den Eiern mit weiblichen Anlagen berechnet wurde an den Polen bauchiger als das dazugehörige Ei welches aus den Eiern mit männlichen Anlagen berechnet wurde.

Der Graph der Differenzfunktion der 1.Quartile verläuft oberhalb der x-Achse, im rechten Bereich nähert er sich dieser dann an und unterschreitet sie auch. Das heißt, dass das Ei, das aus den Eiern mit weiblichen Anlagen berechnet wurde insgesamt bauchiger ist als das Ei, welches aus den Werten der Eier berechnet wurde die männliche Anlagen enthielten. Außerdem bedeutet es, dass sich die beiden Eier zu den Polen hin annähern und dass das Ei der Eier mit weiblichen Anlagen am stumpfen Pol etwas spitzer geformt ist als das der Eier mit männlichen Anlagen.

#### 4.7.6. Maran 3



**Abbildung 4.49:** Graphische Darstellung der Eifunktionen der Eier der Henne Maran 3:  $\text{egg}_{\text{Min}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Max}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Med}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Q1}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Q3}}(x)$ . Eier mit weiblichen Anlagen in rot und pink, Eier mit männlichen Anlagen in blau und grün.



**Abbildung 4.50:** Graphische Darstellung der Differenzfunktionen:  $\text{dif}_{\text{max}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{min}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{med}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{Q1}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{Q3}}(x)$  der Henne Maran 3. Die gesamte Höhe des dargestellten Bereiches der y-Achse beträgt 0,7 mm.

Der blaue Graph der Abbildung 4.50 gehört zu der Differenzfunktion, die aus den Maxima der Messwerte der Eier der Henne Maran 3 berechnet wurde. Er verläuft im linken sowie insbesondere im mittleren Teil deutlich oberhalb der x-Achse und im rechten, zum stumpfen Ende des Eies gehörigen Teil, unterhalb der x-Achse. Damit ist das Ei der Eier mit weiblichen Anlagen am spitzen Pol und im mittleren Teil stärker und das Ei der Eier mit männlichen Anlagen am stumpfen Pol.

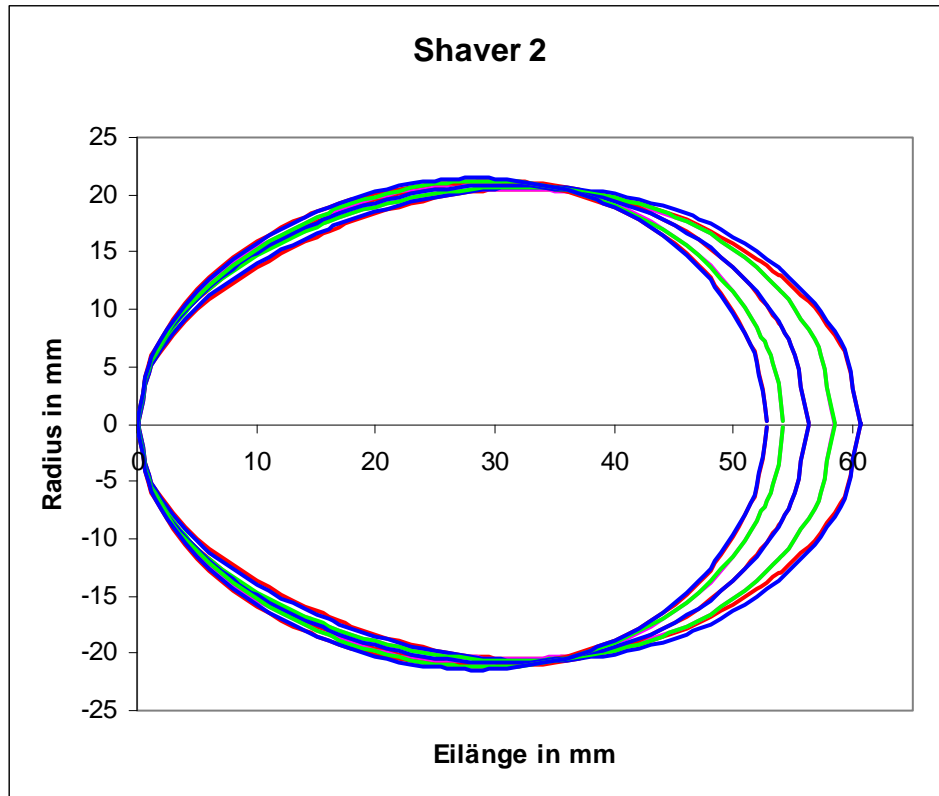
Der Funktionsgraph der Differenzfunktion, die aus den Minima berechnet wurde, verläuft etwa entgegengesetzt, im linken Bereich unterhalb, ab etwa 35 mm Entfernung vom spitzen Eipol, oberhalb der x-Achse. Somit ist das aus den Minima der Messwerte berechnete Ei der Eier mit weiblichen Anlagen im Bereich des spitzen Pols schwächer also schlanker, im Bereich des stumpfen Eipols stärker also bauchiger als das Ei, das aus den Minima der Messwerte der Eier mit männlichen Anlagen berechnet wurde.

Der grüne Graph, der Graph der Differenzfunktion der Mediane, verläuft im linken Bereich von der x-Achse aus zu seinem Minimum in der Mitte und weiter nach rechts wieder zur x-Achse hin. Damit ist das Ei der Eier mit weiblichen Anlagen der Mediane in der Mitte schlanker als das Ei der Eier mit männlichen Anlagen. Im Bereich der Pole gleicht sich die Form der beiden Eier.

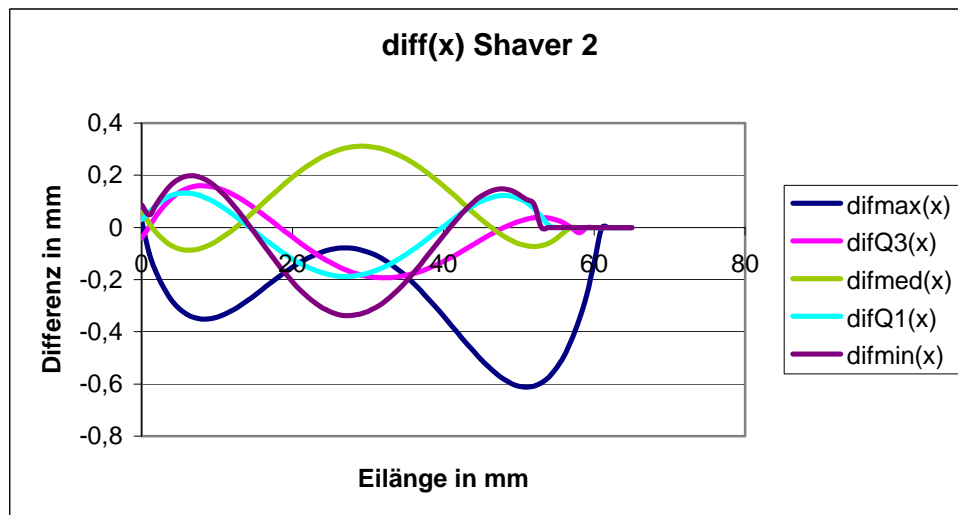
Die Graphen der Differenzfunktionen der Quartile  $Q_1$  und  $Q_3$  verlaufen unterhalb der x-Achse. Während der rosafarbene Graph von  $Q_3$  vor allem im linken Bereich im Negativen verläuft und sich nach rechts hin der x-Achse annähert verläuft der türkise Graph von  $Q_1$  im linken Bereich an der x-Achse entlang und entfernt sich im rechten Bereich etwas ins Negative. Damit ist das Ei der Eier mit weiblichen Anlagen der Werte für  $Q_1$  am stumpfen Pol schlanker und am spitzen Pol fast gleich geformt wie das Ei der Eier mit männlichen Anlagen. Das Ei der Eier mit weiblichen Anlagen der Werte für  $Q_3$  ist am spitzen Pol schlanker als das Ei der Eier mit männlichen Anlagen und am stumpfen Pol sehr ähnlich geformt.



#### 4.7.7. Shaver 2



**Abbildung 4.51:** Graphische Darstellung der Eifunktionen der Eier der Henne Shaver 2:  $\text{egg}_{\text{Min}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Max}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Med}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Q1}}(x)$ ,  $\text{egg}_{\text{Q3}}(x)$ . Eier mit weiblichen Anlagen in rot und pink, Eier mit männlichen Anlagen in blau und grün.



**Abbildung 4.52:** Graphische Darstellung der Differenzfunktionen:  $\text{dif}_{\text{max}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{min}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{med}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{Q1}}(x)$ ,  $\text{dif}_{\text{Q3}}(x)$  der Henne Shaver 2. Die gesamte Höhe des dargestellten Bereiches der y-Achse beträgt 1,2 mm.

## 4 Ergebnisse

Der Graph der Differenzfunktion der Maxima der Eier der Henne Shaver 2 verläuft unterhalb der x-Achse. Etwa in der Mitte nähert er sich ihr. Das bedeutet, dass das Ei der Eier mit weiblichen Anlagen der Maxima insgesamt und besonders im Bereich der Pole schlanker ist als das Ei der Eier mit männlichen Anlagen.

Der Graph der Differenzfunktion der Minima verläuft im ganz linken und ganz rechten Bereich oberhalb der x-Achse, im mittleren Bereich unterhalb selbiger. Also ist das Ei der Eier mit weiblichen Anlagen der Minima in der Mitte schlanker, zu den Polen hin bauchiger als das Ei der Eier mit männlichen Anlagen.

Der grüne Graph, der Graph der Differenzfunktion der Mediane, verläuft genau umgekehrt zu dem der Minima. Rechts und links etwas im negativen Bereich im mittleren Teil im positiven Bereich mit einem Maximum in der Mitte. Somit ist das Ei welches aus den Eiern mit weiblichen Anlagen berechnet wurde in der Mitte stärker als das Ei welches aus den Eiern mit männlichen Anlagen berechnet wurde und im Bereich beider Pole etwas schlanker.

Der rosafarbene und der türkise Graph, rosa  $Q_3$  und türkis  $Q_1$ , verlaufen wiederum im Prinzip wie der Graph der Differenzfunktion der Minima. Rechts und links im positiven Bereich, dazwischen im negativen, mit einem Minimum in der Mitte. Somit ist bei beiden das Ei der Eier mit weiblichen Anlagen im mittleren Bereich schwächer und an den Polen etwas bauchiger als das Ei der Eier mit männlichen Anlagen.

## **5 Diskussion**

Es galt die Frage nach einer vorhandenen Beziehung zwischen der Form eines Eies und dem Geschlecht des aus diesem Ei zu erwartenden Kükens, die Aristoteles, und andere frühe Wissenschaftler gestellt und auf die eine oder andere Weise beantwortet hatten, mit Hilfe von exakten Messtechniken und modernen wissenschaftlichen Verfahren zu beantworten. Somit wurde von 1.223 Hühnereiern unterschiedlicher Herkunft sowohl die Form mit Hilfe von exakten Messungen beschrieben als auch das Geschlecht der sich in den Eiern entwickelnden Küken in einer Sektion bestimmt. Die Ergebnisse wurden in Relation zueinander gebracht und ausgewertet.

Dies geschah vor dem Hintergrund der nach wie vor drängenden Frage nach einer Lösung der Problematik des Tötens von gesunden, männlichen Hühnerküken des Legetyps noch am Tag des Schlupfes oder kurz danach mit der Begründung der fehlenden Wirtschaftlichkeit der Aufzucht.

### **5.1 Geschlechtsbestimmung**

Aus der Literatur geht übereinstimmend hervor, dass weibliche und männliche Küken unter normalen Umständen nahezu im Verhältnis 1:1 schlüpfen (LAMBERT und KNOX, 1926; FANGAUF, 1928). Die gewählte Methode zur Geschlechtsbestimmung am 19. Bruttag bzw. am Ende der Brut mit Aufsuchen der Gonaden durch makroskopische Untersuchung der eröffneten Leibeshöhle ermöglichte eine eindeutige Zuordnung zum jeweiligen Geschlecht. Zwitter, d.h., Küken mit Anlagen für beide Geschlechter, wurden niemals gefunden. Weil von den 1.223 untersuchten Eiern 616 weibliche und 607 männliche Küken enthielten, bestätigt auch diese Studie die Ergebnisse der genannten Autoren.

### **5.2 Lage der Küken im Ei**

Art und Zahl der Fehllagen der Küken im Ei wurden untersucht, um ggf. eine Beziehung zwischen der Form der Eier und der Schlupfrate bzw. dem Geschlecht nicht geschlüpfter Küken nachzuweisen. Zur Bestimmung der Fehllagen der Küken im Ei wurde die Untersuchungsmethodik und Klassifizierung von BROWN (1979) verwendet. Je nach Art der Fehllage wird die Rate geschlüpfter Küken negativ beeinträchtigt.

Eine Beziehung zwischen der Form eines Eies und der Lage des Kükens im Inneren dieses Eies kann nicht nachgewiesen werden. Die arithmetischen Mittelwerte der Länge, des maximalen Querdurchmessers und des Formindex der Eier mit Küken in physiologischer Lage unterscheiden sich nicht signifikant von den arithmetischen Mittelwerten der Eier in denen sich Küken in einer der Fehllagen befinden.

Die Zahl der Fehllagen der Küken der Herkunft „Lohmann Brown Classic“ und „Lohmann LSL 1 Classic“ ist deutlich kleiner als die der gefundenen Fehllagen der Küken in den Eiern der Herkunft „Lohmann LSL 2 Classic“.

Alle Eier der Herkunft „Lohmann LSL 2 Classic“ wurden gesammelt, nachdem die Schlupfbrut in der Brüterei abgeschlossen war. Die auf den Schlupfhorden verbliebenen Eier wurden anschließend untersucht. Bei dieser Herkunft lagen 29,24 % der Küken in verschiedenen Fehllagen, wobei die Fehllage 6 „Kopf des Kükens liegt auf (statt unter) dem Flügel“ zahlenmäßig dominierte. Etwa 70 % der Küken befanden sich in einer normalen Lage, wobei für das Nichtschlüpfen dieser Küken keine plausible Erklärung vorliegt.

Bei der Herkunft „Lohmann Brown Classic“ wurden 3,1 % und bei der Herkunft „Lohmann LSL 1 Classic“ wurden 1,3 % aller Küken in Fehllagen angetroffen. Die unterschiedliche Zahl der Fehllagen der drei Herkünfte ist allerdings nicht direkt miteinander vergleichbar. Erstens, weil die Eier an unterschiedlichen Bruttagen geöffnet wurden und sich das Küken im Ei in den letzten Bruttagen noch bewegt. So wurden abgesehen von der Herkunft „Lohmann LSL 2 Classic“ alle Eier geöffnet, bevor der Schlupf begonnen hat und zweitens, weil es sich bei den Eiern der Herkunft „Lohmann LSL 2 Classic“ um am Schlupftag nicht zum Schlupf gekommene Eier handelt.

Diese Tatsache stellt eine Selektion der Eier dar, denn die meisten der zum Schlupf gekommenen Küken lag sicher in einer physiologischen Lage im Ei. Somit sind also die in Normallage liegenden Küken überwiegend geschlüpft, die in einer Fehllage liegenden Küken überwiegend nicht geschlüpft. Was den Anteil der Küken, die nicht in Normallage im Ei vorlagen deutlich erhöht hat. Somit kann der Anteil der Küken, die in einer Fehllage im Ei gelegen haben weder mit den anderen Herkünften, noch mit anderen Arbeiten verglichen werden. Lediglich der Vergleich der Verhältnisse der Fehllagen untereinander ist bedingt aussagekräftig. Wie Brown schreibt, schaffen es allerdings auch Küken, die nicht in Normallage vorliegen, zum Schlupf zu kommen,

was die Vergleichbarkeit mit der natürlichen Situation, also unselektierten Eiern, wiederum erschwert.

### 5.3 Längen- und Breiten-Messungen

Die ersten beiden Hypothesen, die aus der These des Aristoteles „lange und spitze Eier sind weiblich; jene, die rund sind, oder die am schmalen Ende mehr gerundet sind, sind männlich“ abgeleitet wurden lauten:

1. Eier in denen sich weibliche Anlagen befinden sind im Mittel länger als solche in denen sich männliche Anlagen befinden.
2. Eier in denen sich weibliche Anlagen befinden sind in ihrer Erscheinung schlanker, also ist ihr maximaler Querdurchmesser im Durchschnitt geringer als der von Eiern mit männlichen Anlagen.

Sie beziehen sich auf die Länge und den maximalen Querdurchmesser der Eier.

Sowohl die Länge als auch der maximale Querdurchmesser wurde von allen Eiern gemessen und, nach Geschlecht getrennt, insgesamt und innerhalb einer Herkunft verglichen.

Ein signifikanter Unterschied der arithmetischen Mittelwerte der Eier mit weiblichen Anlagen und der Eier mit männlichen Anlagen konnte weder bei dem Vergleich aller Eier dieser Studie noch bei den Vergleichen der Eier innerhalb einer bestimmten Herkunft festgestellt werden.

Beide Hypothesen müssen aufgrund der vorliegenden Daten als widerlegt angesehen werden.

Bemerkenswert ist jedoch, dass bei mehreren Ei-Herkünften auffallend lange und auffallend breite Eier vorkommen, was die große Variationsbreite dieser Messwerte belegt. Ausgehend von solchen – hier zunächst als „Ausreißer“ bezeichneten Eiern ließe sich zukünftig eine Selektion auf Eilänge bzw. Eibreite – eventuell gekoppelt mit dem Geschlecht – aufbauen.

### 5.4 Formindex

Die dritte Hypothese bezieht sich auf den Formindex:

3. Daraus folgt, dass der Formindex von Eiern, die weibliche Anlagen enthalten, einen kleineren Wert annimmt als der von Eiern mit männlichen Anlagen.

Die Ergebnisse der Berechnung des Formindex zeigen allerdings, dass auch beim Formindex keine signifikanten Unterschiede der arithmetischen Mittelwerte mit Bezug zum Geschlecht der Küken nachgewiesen werden können, wobei es ohne Belang ist, ob alle Eier gemeinsam betrachtet oder nach Herkunft der Eier getrennt bewertet wurden.

Auch alle anderen berechneten statistischen Parameter lassen keinen Unterschied zwischen den Eiparametern und den Geschlechtern erkennen. Ein Gleiches gilt für den zeichnerischen Vergleich der Eier mit weiblichen und männlichen Anlagen, Box-and-Whisker-Plots und Histogrammen.

Die dritte Hypothese muss damit auch als widerlegt angesehen werden.

### 5.5 Kartesisches Oval

Die vierte Hypothese lautet:

4. Ermittelt man Funktionen, beispielsweise die des Kartesischen Ovals, so können Unterschiede der Werte, die für den Verlauf der Kurve verantwortlichen Konstanten ( $C$ ,  $e$ ,  $m$ ) ermittelt werden.

In der Formel, die Szielasko für seine Studie zur Unterscheidung der Eier verschiedener Vogelspezies verwendete, kommen drei Konstanten vor. Die Konstante  $C$ , die Excentric  $e$  und der Faktor  $m$ . Verändert man die Form eines angenommenen Eies, verändern sich auch die dazugehörigen Werte einzelner oder aller Konstanten.

Die Annahme hinter der vierten Hypothese lautet, ist die Form von Eiern mit weiblichen und männlichen Anlagen unterschiedlich, sind auch die Werte der Konstanten wenigstens teilweise unterschiedlich.

Wenn man die einzelnen Parameter  $C$ ,  $e$ ,  $m$  untersucht, ihre Werte nach Geschlecht sortiert und vergleicht, kommt man zu dem Schluss, dass es weder einen signifikanten Unterschied zwischen den Messwerten der arithmetischen Mittel der Eier mit weiblichen und männlichen Anlagen einer Herkunft gibt noch andere Hinweise auf Unterschiede auffallen.

Betrachtet man die Parameter etwas genauer, so fällt auf, dass  $C$  mit zunehmender Eigröße und Eigewicht zunimmt. Die Excentric  $e$  gibt den Abstand der Brennpunkte wider und  $m$  verändert sich mit dem Unterschied der Form des spitzen und des stumpfen Pols.

Somit wäre vor allem  $m$  ein viel versprechendes Maß, um einen Unterschied zwischen Eiern mit weiblichen und männlichen Anlagen zu finden. Doch mit  $m$  verhält es sich wie mit den anderen Parametern, es ist kein Unterschied zwischen Eiern mit weiblichen und Eiern mit männlichen Küken zu beweisen. Und auch der neu geschaffene Parameter  $D$ , in den alle anderen Parameter eingehen, führt zu den gleichen Ergebnissen.

$$D = \frac{e}{C} * m$$

Bei keiner der Herkünfte ist ein signifikanter Unterschied zwischen den arithmetischen Mittelwerten der Eier der beiden Geschlechter einer Herkunft zu beweisen. Und auch die anderen statistischen Parameter und zeichnerischen Aufarbeitungen der Messreihen geben keinerlei Hinweis auf Unterschiede.

Auch die vierte Hypothese ist damit widerlegt.

### 5.6 Ellipse - Deformationsfunktion

Die fünfte Hypothese lautet:

5. Ermittelt man Polynomfunktionen, zum Beispiel wie sie ROTH (2003) beschreibt, mit Hilfe von statistisch interessanten Parametern für Eier mit weiblichen Anlagen getrennt von denen mit männlichen Anlagen, so kann man den unterschiedlichen Verlauf der jeweiligen weiblichen Kurven von dem der entsprechenden männlichen Kurve mit Hilfe einer Kurven-diskussion nachweisen.

Diese fünfte Hypothese lässt die Möglichkeit zu, dass Eier in ihren Eckpunkten, Länge, maximaler Querdurchmesser, Formindex gleich sind, ihre Form sich aber im Verlauf ihrer Eilinie dennoch unterscheidet.

Die Messwerte der Eier wurden nach Herkunft und Geschlecht der im Ei befindlichen Anlagen getrennt und statistisch aufgearbeitet und so zusammengefasst, dass verschiedene, vergleichbare Eier aus allen Bereichen der Messreihen entstanden.

Diese jeweils auf gleiche Weise aus den Eiern mit weiblichen und männlichen Anlagen entstandenen, relevanten Eier wurden zeichnerisch übereinander gelegt und die Fläche zwischen diesen Eiern mathematisch beschrieben. Für diesen Unterschied der Eier mit weiblichen und männlichen Anlagen konnte keinerlei Regelmäßigkeit oder Relevanz ausgemacht werden.

Auch die fünfte Hypothese kann somit nicht bestätigt werden.

### 5.7 Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen und Ausblick

Im Angesicht der drängenden Frage nach einer Lösung, die das Töten gesunder, männlicher Küken überflüssig macht, ist es sehr bedauerlich, dass im Rahmen dieser Studie keine Lösung dieses Problems gefunden werden konnte. Die Vorteile, die es erbracht hätte, wäre ein Zusammenhang zwischen der Form von Eiern und dem Geschlecht der aus den Eiern schlüpfenden Küken nachweisbar gewesen, liegen klar auf der Hand. Selbst für den Fall einer nicht vollständigen Trennbarkeit von Eiern mit weiblicher und männlicher Anlagen anhand ihrer Form, so hätte doch schon ein Vorsortieren mit der Verschiebung des Geschlechterverhältnisses zu Gunsten der Weibchen klar Vorteile.

Auch wenn die vorliegenden Ergebnisse keine signifikanten Unterschiede der Form von Eiern mit weiblichen und männlichen Anlagen erkennen lassen, so ist es doch unabdingbar an der Lösung des Problems des Tötens von männlichen Eintagsküken weiter zu forschen. Und in Anbetracht der Tatsache, dass es derzeit keine vernünftige Verwendung für angebrütete Eier, egal welchen Stadiums, gibt, ist vor allem die Suche nach Lösungen im Bereich der noch unbebrüteten Eier besonders interessant.

Aufgrund der guten Durchführbarkeit von Messungen des Äußeren von Eiern und der Tatsache, dass diese nicht invasiv sind sowie im Angesicht zurückliegender züchterischer Leistungen im Bereich der Legehennengenetik hinsichtlich Vitalität, Futtermittelverwertung, Eizahl, Eigröße und Eiform, Schalenfarbe und Schalenstabilität, Schlupffähigkeit, Menge der Allantoisflüssigkeit für die Impfstoffproduktion und anderer Erfolge, ist möglicherweise auch der Aufwand eines Zuchtversuchs gerechtfertigt, eine Beziehung zwischen Eiform und Geschlecht der zu erwartenden Küken züchterisch herzustellen.

Die Tatsache, dass Eier aus derselben Elterntierherde und selbst von derselben Henne durchaus unterschiedlich geformt sind, liefert einen Ansatz. Nach meinen Erfahrungen mit den Eiern dieser Studie ist es dabei ausreichend, sich mit dem Formindex auseinander zu setzen.

Ein Ansatz wäre beispielsweise, aus den Eiern einer Elterntierherde, die Eier mit dem größten und dem kleinsten Formindex auszusortieren und auszubrüten, um dann eine Versuchsherde zusammenzustellen mit Hennen, die aus Eiern mit großem Formindex geschlüpft waren und Hähnen die aus Eiern mit kleinem Formindex schlüpften. Die



## 5 Diskussion

Eier, die diese Herde produziert, könnte man auf gleiche Weise wieder sortieren und eine neue Herde aufbauen.

Sicherlich ist es genauso sinnvoll, das auch andersherum zu versuchen. Andere spätere Autoren behaupteten schließlich genau das Gegenteil, von dem was Aristoteles schrieb. Also aus den Eiern mit den kleinsten Formindices Hennen aufzuziehen und aus den Eiern mit den größten Formindices Hähne und aus diesen wiederum Versuchsherden zusammenzustellen.

Studien, ähnlich dieser, würden Klarheit über den Erfolg dieses züchterischen Ansatzes bringen.

### 6 Zusammenfassung

Die Vorteile einer Geschlechtsbestimmung von Bruteiern der heute verwendeten Legehybridhühner allein an Hand ihrer äußeren Form, liegen klar auf der Hand. Beispielsweise entfielen das Töten männlicher, eintägiger Küken; die Eier mit männlichen Anlagen stünden uneingeschränkt für den menschlichen Verzehr zur Verfügung; Hühnereier mit weiblichen Anlagen würden weder eröffnet noch auf andere Weise beschädigt, so dass es keine Auswirkungen auf die Brutfähigkeit und den Schlupf geben sollte.

Da frühgeschichtliche Autoren Anlass zu der Vermutung geben, Eier mit weiblichen und männlichen Anlagen könnten von unterschiedlicher Form sein, hat sich diese Studie zur Aufgabe gemacht, die entsprechenden Behauptungen von Aristoteles und anderen antiken Autoren mit moderner Messtechnik und Berechnungen zu überprüfen.

Die verwendeten Eier stammten von Legehybrid-Elterntieren der Firma Lohmann Tierzucht GmbH, Cuxhaven und von Hennen verschiedener genetischer Herkunft, die in der Klinik für Vögel, Reptilien, Amphibien und Fische der Justus-Liebig-Universität Gießen gehalten wurden. Die Eier dieser Hennen konnten dabei eindeutig ihrer Legerin zugeordnet werden, so dass es möglich war, die Eier von einer einzelnen Henne untereinander zu vergleichen.

Für den Vergleich der Form der Eier mit weiblichen und männlichen Anlagen wurden insgesamt 1.223 Eier nach ihrer Herkunft in 12 Gruppen (Lohmann Brown, Lohmann LSL 1, Lohmann LSL 2, Tetra, Welsumer Zwerg, Maran 1, Maran 2, Maran 3, Shaver 1, Shaver 2, Grünleger und Italiener) eingeteilt. Ihre maximale Länge und ihr maximaler Querdurchmesser wurden mit einem digitalen Messschieber gemessen.

Außerdem erfolgten Messungen mit einem selbst konstruierten Messgerät. Dabei ist ein Messschieber so hinter einer Lochschablone montiert, dass es möglich ist, den Abstand bestimmter, durch den Radius des Messlochs festgelegter Ebenen des Eies vom spitzen und stumpfen Pol zu messen. Das Messgerät ist mit Löchern zunehmender Radien (von 2,5 mm bis 25 mm; in 2,5 mm-Schritten) versehen und ermöglicht es, den Verlauf der Eilinie in Zahlen zu bestimmen.

Von den Eiern der Herkunft Lohmann LSL 2 wurden Röntgenbilder angefertigt und die abgebildeten Eier vermessen.

Abgesehen von den Eiern der Herkunft Lohmann LSL 2, bei denen es sich um Eier handelt, die bis zum erwarteten Schlupftag in Brutschränken der LSL-Brütereier der Firma Lohmann Tierzucht GmbH in Schaafheim bebrütet wurden, dort aber nicht zum Schlupf gelangt sind, wurden die übrigen 954 Eier bis zum 19. Tag bebrütet und anschließend das Geschlecht der in den Eiern befindlichen Küken makroskopisch bestimmt. 50,37 % der Eier enthielten weibliche, 49,63 % männliche Küken.

Außerdem wurde die Lage aller Küken im Ei beurteilt. Das geschah bei den Eiern der Herkunft Lohmann LSL 2 mit besonderem Interesse, da es sich um „Schlupfversager“ handelte. Tatsächlich enthielten diese Eier einen deutlich größeren Anteil an Küken in einer Fehllage (29,2 %) als die Eier der anderen Herkünfte (< 4 %). Zwischen der Lage der Küken im Ei, der Eiform und dem Geschlecht der Küken konnte unter Einbeziehung der Parameter maximale Länge und maximaler Querdurchmesser der Eier und dem aus diesen beiden Parametern berechneten Formindex mit einer zweifaktoriellen Varianzanalyse keine signifikante Korrelation festgestellt werden.

Um einen Zusammenhang zwischen Eiform und Geschlecht der Gonaden in den Eiern zu untersuchen, wurden von allen Eiern mit weiblichen Anlagen und allen Eiern mit männlichen Anlagen unter anderem die arithmetischen Mittelwerte der maximalen Länge und des maximalen Querdurchmessers berechnet und diese miteinander verglichen.

Für die Eier mit weiblichen Anlagen ergab sich ein arithmetischer Mittelwert der Eilänge von 58,10 mm bei einer Standardabweichung von 3,11 mm und des maximalen Querdurchmessers von 43,69 mm bei einer Standardabweichung von 1,96 mm. Für die Eier mit männlichen Anlagen ergaben sich Werte von 57,79 mm, Standardabweichung 2,94 mm, für die Eilänge und 43,53 mm, Standardabweichung 1,86 mm, für den maximalen Querdurchmesser. Damit sind die Eier mit weiblichen Anlagen im Mittel geringfügig länger und breiter als die Eier mit männlichen Anlagen. Für diese Unterschiede liefert der Student t-Test  $p > 0,05$ . Sie sind damit nicht signifikant.

Außerdem wurden die Messwerte der Eier innerhalb ihrer jeweiligen Herkunft verglichen. Aber auch dabei konnte bei keiner der 12 Herkünfte, mittels des Student t-Tests, ein signifikanter Unterschied der arithmetischen Mittelwerte der maximalen Länge und der maximalen Querdurchmesser berechnet werden.

Der arithmetische Mittelwert des aus maximaler Länge und maximalem Querdurchmesser berechneten Formindex der Eier mit weiblichen Anlagen beträgt 75,29, die Standardabweichung ist 2,80 und der Formindex der Eier mit männlichen Anlagen 75,41 bei einer Standardabweichung von 2,75. Der Student t-Test hat zum Ergebnis, dass dieser minimale Unterschied nicht signifikant ist.

Ebenso nicht signifikant sind die verglichenen arithmetischen Mittelwerte der Formindices der Eier mit weiblichen und männlichen Anlagen innerhalb ihrer jeweiligen Herkunft.

Die Form der Eier der Herkünfte Lohmann Brown, Lohmann LSL 1, Tetra, Welsumer Zwerg, Maran 2, Maran 3 und Shaver 2 wurden darüber hinaus noch genauer analysiert. Mit Hilfe der Messwerte der Lochschablonen wurden die Konstanten der Formel des Kartesischen Ovals für jedes einzelne Ei berechnet und diese Konstanten miteinander verglichen. Die zugrunde liegende Formel lautet:

$$\sqrt{x^2 + y^2} + m * \sqrt{(e - x)^2 + y^2} = C$$

Die mit dem Student t-Test durchgeführten Vergleiche der arithmetischen Mittelwerte der Konstanten C, e und m, sowie der aus allen drei Konstanten berechneten Zahl D lassen für keine der Herkünfte einen signifikanten Unterschied der Eier mit weiblichen und der Eier mit männlichen Anlagen erkennen. Der Student t-Test liefert jeweils p-Werte von größer als 0,05.

Für noch genauere Analysen wurden aus den Messwerten Polynome berechnet. So wurde die aus der maximalen Länge und dem maximalen Querdurchmesser eines Eies berechnete Ellipse mit einer Deformationsfunktion addiert, um sie auf die Form des Eies anzupassen:

$$egg(x) = Ellipse(x) + Deformation(x)$$

Bei der anschließenden Kurvendiskussion von Differenzfunktionen aus je einem Ei mit weiblichen Anlagen und einem Ei mit männlichen Anlagen sollte ein Unterschied des Verlaufes der Eilinen herausgearbeitet werden. Die analysierten Differenzkurven der Eilinen, die aus den arithmetischen Mittelwerten aller Messwerte berechnet wurden, verlaufen allerdings so unterschiedlich, dass keine Gemeinsamkeiten erkennbar sind.

Diese Studie zeigt, dass Hühnereier durchaus von unterschiedlicher Form sind. Ein signifikanter Zusammenhang dieser Formunterschiede mit dem Geschlecht der in den

Eiern befindlichen Geschlechtsanlagen konnte allerdings mit keiner der angewandten Methoden nachgewiesen werden.

Die Tatsache, dass Hühnereier von unterschiedlicher Form sind und die Tatsache, dass Hühner bereits mehrfach hinsichtlich Form, Zahl, Farbe, Größe ihrer Eier selektiert und gezüchtet wurden, gibt Anlass zur Hoffnung, dass eine Relation zwischen Geschlecht der Anlagen und Form des Eies zukünftig auf züchterischem Wege erzeugt werden kann. Zuchtversuche sind angesichts der Bedeutung dieser Frage sicherlich lohnend und könnten das Töten männlicher Eintagsküken vermeiden.

## 7 Summary

Morphometric studies on eggs of chicken of hybrid breeds and of thoroughbred chicken attempting to find a relation between the shape of eggs and the sex of chicks inside.

An oologic and mathematic study.

The advantages of sexing hatching-eggs of laying hens of hybrid breeds used today only on the basis of the outer shape of the eggshell is blatantly obvious. For example killing male day-old chicks would not be necessary anymore, these genetically male eggs would be available for human consumption without any restrictions, genetically female eggs would neither be opened nor damaged otherwise, so that hatchability should not be impaired in any way.

Referring to early authors such as Aristotle and other ancient authors who claimed that eggs containing either male or female chicks could be differentiated by the outer shape of the eggshell, the aim of this study is to reassess this thesis using modern measurement and calculation techniques.

The eggs employed in this study derived from parent hybrid laying hens of Lohmann Tierzucht GmbH, Cuxhaven and from hens of different breeds kept in the Clinic for Birds, Reptiles, Amphibians and Fish at Justus Liebig University Giessen. The eggs of the last-mentioned hens could be assigned to its layer so that comparing one hen's eggs among themselves was possible.

For the comparison of genetically female and genetically male eggs a total of 1.223 eggs were divided into 12 groups according to their genetic origin (Lohmann Brown, Lohmann LSL 1, Lohmann LSL 2, Tetra, Welsumer Zwerg, Maran 1, Maran 2, Maran 3, Shaver1, Shaver 2, Grünleger und Italiener). Using a digital measuring slide the maximum length and the maximum diameter of these eggs were measured.

Furthermore, measurements were done using a self-designed measuring tool.

This tool consists of a digital measuring slide affixed to one side of a whole template. The whole template provides wholes of increasing radii (ranging from 2,5 mm to 25 mm with the radius growing 2,5 mm each). Inserting the pointed and the blunt end of an egg consecutively into each whole of the template the digital measuring slide records the respective depth of penetration. Thus it is possible to measure the distance between the blunt and the pointed end of the egg and a certain level of the egg, which is defined

by the respective radius of the whole. Thereby in turn the run of the oval can be quantified.

The eggs of Lohmann LSL 2 were x-rayed and the pictured eggs were measured.

Except for the eggs derived from Lohmann LSL 2, which were incubated at the LSL hatchery of Lohmann Tierzucht GmbH Company in Schaafheim but did not hatch at the expected day, the remaining 954 eggs of this study were incubated for the duration of 19 days and then killed by freezing. Afterwards the sex of the chicks was macroscopically clearly identified via autopsy. 50, 37 % of the eggs contained female and 49, 63 % contained male chicks.

Furthermore, the position of every chick inside its egg was evaluated. Thereby the eggs derived from Lohmann LSL 2 were of special interest because they failed to hatch. In fact, those eggs showed a clearly increased incidence of malposition (29,2 %), compared to the eggs of other origins ( $< 4$  %). Taking into account the maximum length, the maximum diameter of the eggs and the shape-index calculated from these two parameters aforesaid, using univariate analysis of variance there was no significant correlation evident between the position of the chicks in the egg, the outer shape of the eggshell and the sex of the chicks.

Investigating a possible connection between the outer shape of the eggshell and the sex of the contained chick the arithmetic mean of maximum length and maximum diameter were calculated for every single egg and subsequently compared with each other. The arithmetical mean of the maximum length amounts to 58,10 mm ( standard deviation: 3,11 mm) and of the maximum diameter to 43,69 mm ( standard deviation: 1,96 mm) for female eggs. The average length of male eggs comes up to 57,79 mm ( standard deviation: 2,94 mm) and the average maximum diameter up to 43,53 mm ( standard deviation: 1,86 mm). According to these results eggs with female chicks are marginally longer and broader than eggs with male chicks. For these small differences the student t-test gives a level of significance of  $p > 5$  %, which is not significant.

In addition, the data of the eggs were compared within their respective group of origin. But even doing so, the student t-test did not reveal any significant differences for none of the 12 groups neither regarding the arithmetic mean of the maximum length nor regarding the arithmetic mean of the maximum diameter.

## 7 Summary

The arithmetical mean of the shape-index, calculated from maximum length and maximum diameter results in 75,29 ( standard deviation:2,80) for eggs with female and in 75,41 ( standard deviation: 2,75) for eggs with male chicks. Using the student t-test on these data, the result is not significant (  $p > 5\%$ ).

The results are the same comparing the arithmetic means of shape-indices of male and female eggs within one group.

Beyond that, the shape of eggs of the groups Lohmann Brown, Lohmann LSL 1, Tetra, Welsumer Zwerg, Maran 2, Maran 3 und Shaver 2 were analysed more detailed.

With the aid of the data collected from the whole template measurements the constants of the Cartesian oval's formula were calculated for each single egg and compared with each other.

The underlying formula is as follows:

$$\sqrt{x^2 + y^2} + m * \sqrt{(e - x)^2 + y^2} = C$$

The arithmetic mean of the constants C, e and m, as well as the figure D, which is calculated from these three constants, were compared using the student t-test. But for none of the origins this test revealed any significant difference between eggs containing male or female chicks. The student t-test provides levels of significance of  $p > 5\%$  in each case.

For further analysis, the eggs' depths of penetration, measured by using the whole template and the radii of the provided wholes were used to compose coordinates. From these in turn polynomial functions were calculated. Thus one egg's ellipse, calculated based on the length and maximum diameter was added to a deformation function in order to adapt it to the real egg shape:

$$egg(x) = Ellipse(x) + Deformation(x)$$

Adjacent curve sketching of difference functions of one female and one male egg at a time was meant to show the differences of the runs of the ovals. The difference curves of the ovals, calculated from arithmetic means of all data show very differing runs. Thus there is no evidence of any similarity.

This study shows that eggshells of hen's eggs do differ in their outer shape.

Unfortunately, it was not possible to reveal any correlation between an egg's outer shape and the sex of the chick developing in an egg with the used methods.



## 7 Summary

The fact that hen's eggs do differ in their outer shape and the fact that selective breeding concerning the shape, number, colour and weight of eggs was done in the past for several times give reason for the hope that a correlation between the outer shape of an egg and the contained male or female chick could henceforth be induced by means of breeding.

Breeding attempts would definitely be worthwhile and could avoid the killing of male day-old chicks.

## 8 Literaturverzeichnis

- ARISTOTLE (350 b. C., a):** Τῶν περὶ ζῶα ἱστορίων. *Historia animalium*. The history of animals. Bilingual annotated text (Greek and English), in three volumes, translated by A. L. Peck. Published by Willian Heinemann Ltd., London, Havard University Press, Cambridge Massachusetts.
- ARISTOTLE (written 350 B.C.E., b):** The history of animals, Books I to IX. Translated by D'Arcy Wentworth Thompson. The Internet Classics Archive, [http://classics.mit.edu/Aristotle/history\\_anim.html](http://classics.mit.edu/Aristotle/history_anim.html). Accessed on 09/10/2001.
- ARISTOTLE (undated, c):** The complete works of Aristotle. The revised Oxford translation, printed in 1984. J. Barnes (ed.). Bollingen Series LXXI 2, Vol. 1, Book VI, Chapter 2, pp. 880-883. The Jowett Copyright Trustees, Princeton, New Jersey.
- ARISTOTELES (undatiert, d):** Aristotes' Naturgeschichte der Thiere. Zehn Bücher. Annotated and translated into German language by A. Karsch. Verlag Kraiss & Hoffmann, Stuttgart, 1866, Book 6, Chapter 2, pp. 7-13.
- BACON, L. D., SMITH, E., CRITTENDEN, L. B., HAVENSTEIN, G. B. (1988):** Association of slow feathering (K) and an endogenous viral (env21) gene on the Z chromosome of chickens. *Poultry Science* **67**, 191-197.
- BARTELS, T., FISCHER, B., KRÜGER, P., KOCH, E., RYHLL, M., KRAUTWALD-JUNGHANNS, M.-E. (2008):** 3D-Röntgen-Mikrocomputertomographie und Optische Kohärenztomographie als Methoden zur Lagebestimmung des Blastoderms im unbebrüteten Hühnerei. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* **115**, 182-188.
- BARTELS, T., FISCHER, B., POPP, J., RÖSCH, P., KOCH, E., STEINER, G., SYDOW, R., FÖRSTER, A., KRAUTWALD-JUNGHANNS, M.-E. (2009):** Geschlechtsbestimmung im Hühnerei. Neue Lösungsansätze für ein altes Tierschutzproblem. *Rundschau für Fleischhygiene und Lebensmittelüberwachung* 10/2009.
- BELLAIRS, R., OSMOND, M. (2005a):** Some highlights in the history of chick embryology. In Bellairs, R. and Osmond M. (eds.) *The atlas of chick development*, 2nd ed. Elsevier Publ. London, pp xxiii-xxiv.
- BELLAIRS, R., OSMOND, M. (2005b):** The hen's egg and its formation. In Bellairs, R. and Osmond, M. (eds.). *The atlas of chick development*, 2nd ed. Elsevier Publ. London, pp. 1-13.
- BENNOVITZ-FREDERICKS, Z. M., KITAYSKY, A. S., WINGFIELD, J. C. (2005):** Steroids in allantoic waste: an integrated measure of steroid exposure in ovo, *Annates of the New York Academy of Sciences* **1046**, 204-213.

- BEZZEL, E., PREISINGER, R. (1990):** Ornithologie, 2. Aufl. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart. S. 325.
- BÖNNER, B. M., LUTZ, W., REDMANN, T., JÄGER, S., REINHARDT, B., WISSING, J., KNICKMEIER, W., KALETA, E. F. (2004):** Morphometric and allometric studies on eggshells and embryos of free-living Canada geese (*Branta Canadensis* Linnaeus, 1758). *European Journal of Wildlife Research* **50**, 179-186.
- BOOTH, D. T. (2006):** Influence of incubation temperature on hatching phenotype in reptiles. *Physiology and Biochemistry in Zoology* **79**, 274-281.
- BORCK, G. (1928):** Hähnchenabsatz. *Deutsche Landwirtschaftliche Geflügelzeitung* **31**, 938-939.
- BROWN, A. F. A. (1979):** Kunstbrut: Handbuch für Züchter, deutsche Bearbeitung von Hans Aschenbrenner, Alfeld-Hannover, Schaper Verlag. 1988.
- CARD, L. E., NESHEIM, M. C. (1966a):** The structure of the chicken and the formation of the egg. In Card, L. E., Nesheim, M. C. (eds.). *Poultry production*, 10th ed., pp. 30-65.
- CARD, L. E., NESHEIM, M. C. (1966b):** Principles of poultry breeding. In Card, L. E., Nesheim, M. C. (eds.). *Poultry production*, 10th ed., pp. 66-84.
- CHAMBERS, J. R. (1990):** Genetics of growth and meat production in chickens. In: Crawford (ed.). *Poultry breeding and genetics*, Elsevier, Amsterdam. pp. 599-643.
- COLLIGNON, P. (1928):** Beeinflussung des Geschlechts des Keimes im Brutei. *Deutsche Landwirtschaftliche Geflügelzeitung* **31**, 937-938.
- COLUMELLA, LUCIUS IUNIUS MODERATUS (\*4 a.C.):** De supposition ovorum. In: *De re rustica*. Bilingual annotated text, translated by W. Richter and R. Heine, Artemis Verlag, München. Vol. II, Liber octavus, Cap. 5, pp. 256-257.
- DAMME, K., RISTIC, M. (2003):** Fattening performance, meat yield and economic aspects of meat and layer type hybrids. *World's Poultry Science Journal* **59**, 50-52.
- DREBING, V. (1995):** Zur Schätzung des Alters verschiedener Hybrid-Hühnerküken anhand der Länge der 3. Handschwungfeder sowie Untersuchungen zur Überlebensfähigkeit der Küken innerhalb der ersten Lebenstage bei Haltung ohne Wasser- und Futtergabe. *Vet. Med. Diss. Gießen*.
- EISING, C. M., MULLER, W., GROOTHUIS, T. G. (2006):** Avian mother create different phenotypes by hormone deposition in their eggs. *Biological Letters* **2**, 20-22.

- ELLENDORF, F., KLEIN, S. (2003):** Current knowledge on sex determination and sex diagnosis: potential solutions. *World's Poultry Science Journal*, **59**, 7.
- ENGELHARDT, VON, N., GROOTHUIS, T. G. (2005):** Measuring steroid hormones in avianeggs. *Annales of the New York Academy of Sciences* **1046**, 181-192.
- FABRICIUS, HIERONYMUS (GIROLAMO) FABRICIUS (1618):** De formatione ovi et pulli tractatus accuratissimus. Translated and published in 1967 by H. B. Adelman, Cornell University Press.
- FANGAUF, R. (1928):** Feststellungen am Hühnerembryo. *Archiv für Geflügelkunde* **2**, 336-340.
- FLOCK, D. K. (1999):** Entwicklung der reziproken rekurrenten Selektion (RRS) in der LTZ- Legehennenzucht (1969-1999). In Anonym, 40 years of layer breeding in Cuxhaven. Jubiläumstagung, Bremen, 07.-.08. Juli 1999, pp. 83-99.
- FLOCK, D. K., SEEMANN, G. (1993):** Limits to genetic improvements of broiler stocks *Archiv für Geflügelkunde* **57**, 107-112.
- FLOCK, D. K., PREISINGER, R. (1996):** Federsexbare LSL. *Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion* **48**, 22-26.
- GERKEN, M., JAENECKE, D., KREUZER, M. (2003):** Growth, behaviour and carcass characteristics of egg-type cockerels compared to male broilers. *World's Poultry Science Journal* **59**, 46-49.
- GERLACH, L. (1882):** Über ein Verfahren, bei horizontal gelagerten Hühnereiern den die Keimscheibe überdeckenden Bezirk der Eischale möglichst genau zu bestimmen. *Sitzungsbericht der physikalisch-medizinischen Societät, Erlangen*, Heft 14, S. 167-180.
- GESNER, C. S. (1969):** Vollkommenes Vogelbuch, zweite Auflage, bearbeitet von G. Horst. Faksimile Reproduktion von Schlütersche Verlagsgesellschaft, Hannover.
- GLAHN, R. G., MITSOS, W. J., WIDEMAN, JR., R. F. (1987):** Evaluation of sex differences in embryonic heart rates. *Poultry Science* **66**, 1398-1401.
- GOLDSMITH, J. B. (1928):** The history of the germ cells in the domestic fowl. *Journal of Morphology and Physiology* **46**; reviewed in *Archiv für Geflügelkunde* (1929), **3**, 90-91.
- GOTH, A., BOOTH, D. T. (2005):** Temperature-dependent sex ratio in bird. *Biological Letters* **1**, 31-33.
- GRASHORN, M. (1987):** Geflügelzucht. In: Scholtyssek, S. (ed.) *Geflügel*. Ulmer Verlag, Stuttgart, S. 176-215.

- GROEBBELS, F. (1937):** Das Ei. In: Groebbels, F. (ed.). Der Vogel, Geschlecht und Fortpflanzung. Gebrüder Bornträger, Berlin. Bd. 2, pp. 253-392.
- GROSSFELD, J. (1938):** Handbuch der Eierkunde. Verlag Julius Springer, Berlin, S. 43-51; 308-313.
- HACKL, G. (1997):** Zur Schätzung des Alters verschiedener Hybridhühnerküken des Masttyps anhand der Länge der 3. Handschwungfeder sowie Untersuchungen zur Überlebensfähigkeit der Küken innerhalb der ersten Lebensstage bei Haltung ohne Wasser- und Futtergabe. Vet. Med. Diss. Gießen.
- HAMPL, A. (1992):** The number of digital pad scales- a new sex character n the chick? Acta Veterinaria, Brno **61**, 93-98.
- HANCE, R. T. (1926):** Sex and the chromosomes in the domestic fowl (*Gallus domesticus*). Journal of Morphology and Physiology **43**; reviewed in Archiv für Geflügelkunde (1927) **1**, 177-178.
- HARWEY, W. (\*1578 † 1657):** Cit. from Bellairs, R., Osmond, M., 2005, pp. xiii-xiv.
- HARZ, M., KRAUSE, M., BARTELS, T., CRAMER, K., ROSCH, P., POPP, J. (2008):** Minimal invasive gender determination of bird by means of UV-resonance raman spectroscopy. Analytical Chemistry **80**, 1080-1086.
- HAYS, F. A., SAMBARDO, A. H. (1926):** Physical characters in eggs in relation to hatchability. Poultry Science **6**; reviewed in Archiv für Geflügelkunde (1927) **1**, 317.
- HOFFMANN, B. (2005):** Geschlechtsdiagnose bei Vögeln mittels der Polymerase-Kettenreaktion (PCR). Vet. Med. Diss. Uni Giessen.
- HORAZ, QUINTUS FLACCUS (\*65 B.C. †8B.C.):** Opera. (lat./dt.) Mit einem Nachwort herausgegeben von Bernard Kytzler. Reclam, Stuttgart. 1992.
- HORTSCH, W. (1990):** Alte und neue Eiformeln in der Geschichte der Mathematik. Im Selbstverlag Wolfgang Hortsch, UNI-Druck, München, 1990.
- HUTT, F. B. (1927/28):** Abnormal embryos in relation to mortality during incubation. Harper Adams Utility Poultry Journal **13**; reviewed in Archiv für Geflügelkunde (1929) **3**, 54-55.
- KALETA, E. F., SCHILDGER, B., ENDERS, F., HERZBERGER, S., ROSCHINSKY, M. (1994):** Möglichkeiten zur Schätzung des Alters von Hühnerküken innerhalb der ersten Lebenswoche. Archiv für Geflügelkunde **58**, 261-267.
- KALETA, E. F., REDMANN, T. (2008):** Approaches to determine the sex prior to and after incubation of chicken eggs and day-old chicks. World's Poultry Science Journal **64**, 391-399.

- KILNER, R. M. (2006):** The evolution of egg colour and patterning in birds. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* **81**, 383-406.
- KLEIN, S., GROSSMANN, R. (2008):** Cell number and sex ratio in unfertilized chicken eggs (*Gallus gallus domesticus*). *Journal of Experimental Zoology* **309a**, 47-54.
- KLEIN, S., BAULEIN, U., ROTTIKA, M., MARX, G., THIELENBEIN, J., ELLENDORFF, F. (2003):** Sexing the freshly laid egg – development of embryos after manipulation; analytical approach and localization of the blastoderm in the intact egg. *World's Poultry Science Journal* **59**, 39-45.
- KÖLLER, J. (2000):** Eilinen Ovalen.  
<http://www.mathematische-basteleien.de/eilinen.htm>
- LAMBERT, W. V., KNOX, C. W. (1926):** Genetic studies in poultry. I. The sex ratio in domestic fowl. *Biological Bulletin* **51**, 225-236.
- MALPIGHI, M. (\*1628 †1694):** Cit. from Bellairs, R., Osmond, M., 2005, pp. xiii-xvi.
- MASUI, K., HASHIMOTO, (1933):** Sexing baby chicks. In *Journal Printing company*, Vancouver B. C., Canada, cited from Phelps et al., 2003.
- MIRSKI, A. E., RIS, H. (1951):** The desoxyribonucleic acid content of animal cells and its evolutionary significance. *Journal of General Physiology* **34**, 451-463.
- MOLYNEUX, H. M. (1929/30):** Sex determination at hatching. *Harper Adams Veterinary Poultry Journal* **15**; reviewed in *Archiv für Geflügelkunde* (1930) **4**, 129.
- NANDI, S., MCBRIDE, D., BLANCO, R., CLINTON, M. (2003):** Sex diagnosis and sex determination. *World's Poultry Science Journal* **59**, 8-14.
- NEEDHAM, J. (1934):** A history of embryology, 2nd ed. Cambridge University Press. Cit. from Bellairs, R., Osmond, M., 2005, pp. xiii.xiv.
- PHELPS, P., BHUTADA, A., BRYAN, S., CHALKER, A., FERRELL, B., NEUMAN, S., RICKS, C., TRAN, H., BUTT, T. (2003):** Automated identification of male layer chicks prior to hatch. *World's Poultry Science Journal* **59**, 33-38.
- PILZ, K. M., ADKINS-REGAN, E., SCHABL, H. (2005):** No sex difference in yolk steroid concentrations of avian eggs at laying. *Biological Letters* **1**, 318-321.
- PLINUS, GAIUS SECUNDUS (\*23 †79):** *Naturalis historiae. Liber decima, Zoologie: Vögel*. Bilingual edition (Latin and German), edited and translated into German language by R. König and G. Winkler. Artemis Verlag, München und Zürich. Book X, Cap. LXXIV, Paragraph 144-150, pp. 100-105.
- PREISINGER, R. (2003):** Sex determination in poultry – a primary breeder's view. *World's Poultry Science Journal* **59**, 54-58.

- PREISINGER, R., KÜHNE, W. (1999):** Legehennenzucht an der Schwelle zum nächsten Jahrtausend. 40 Jahre Legehennenzucht in Cuxhaven. Vorträge der Jubiläumstagung am 7.-8. Juli, 1999, Cuxhaven, S. 116-123.
- REDMANN, T., BEHR, K.-P., KORBEL, R. und JODAS, S. (2005):** Geschlechtsbestimmung. In: Siegmann, O. und Neumann, U. (Hrsg.). Kompendium der Geflügelkrankheiten, 6. Auflage. Schlütersche, Hannover, S. 37-38.
- ROMANOFF, A. L. (1960):** The avian embryo, structural and functional development. The Macmillan Company, New York.
- ROTH, G. (2003):** Auf Mathematica und M@th Desktop basierende Unterrichtssequenzen zur Volumenbestimmung von Rotationskörpern sowie Anwendungen des Student-t-Tests. Diplomarbeit Karl-Franzens-Universität Graz.
- RÜHLE, D. M. (2006):** Untersuchungen zur Endoskopie juveniler Psittaziden unter besonderer Berücksichtigung der Geschlechtsorgane und ausgewählter biometrischer Befunde. Vet. Med. Diss., Universität Giessen.
- SAEFUDIN, SAAR, W., SCHMUTZ, M., PREISINGER, R., SCHÜLER, L. (2005):** Chromosomal aberrations and early embryonic mortality in laying hens. Archiv für Geflügelkunde **69**, 146-150.
- SMYTH, (1990):** Genetics of plumage, skin and eye pigmentation. In Crawford, R. D. (ed.). Poultry breeding and genetics. Elsevier, Amsterdam, pp. 109-167.
- STEINER, G., BARTELS, KRAUTWALD-JUNGHANNS, M.-E., BOOS A., KOCH, E. (2009):** Sexing of turkey poult by Fourier transform infrared spectroscopy. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 396(1):465-470.
- STICHNOTH, JR., O. (1950):** Anleitung der Geschlechtsbestimmung der Eintagsküken nach der japanischen Methode. Verlag Fritz Pfenningstorff, Stuttgart und Berlin, pp. 7-9, 31, 33-72.
- SZIELASKO, A. (1905):** Die Gestalt der Vögeleier. Journal für Ornithologie **53**, 273-297.
- SZIELASKO, A. (1902):** Die Bildungsgesetze der Vögeleier bezüglich ihrer Gestalt. Verlag Fr. Eugen Köhler, Gera-Untermhaus.
- THOMPSON, J. B., WILSON, H. R., VOITLE, R. A. (1976):** Influence of high temperature stress of 16-day embryo on subsequent hatchability. Poultry Science **55**, 892-894.
- TIENHOVEN, VAN A. (1957):** A Method of "Controlling Sex" by Dipping of Eggs in Hormone Solution. Poultry Science **36**, 628-632.

- TIERSCH, T. R. (2003):** Identification of sex in chickens by flow cytometry. *World's Poultry Science Journal* **59**, 25-32.
- VARRO, MARCUS TERRENIUS (\*116 B. C. †27 B. C.):** *Res Rusticae*. Gespräche über Landwirtschaft. Translated, edited and annotated by D. Flach. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, pp. 159-162.
- VERGILIUS, PUBLIUS MARCO (\*70 B. C. †19 B. C.):** *Ländliche Gedichte*, Landbau. 2. Aufl.. Übersetzt von J. H. Voss. Reclam jr. Verlag, Leipzig, Nr. 637/538. S. 45-117.
- WILLIER, B. H. (1926):** The specificity of sex, of organization, and of differentiation of embryonic chick gonads as shown by grafting experiments. *Journal of Experimental Zoology* **46**; reviewed in *Archiv für Geflügelkunde* (1927) **1**, 384-385.
- WOLFF, C. D. (\*1753 †1794):** Cit. from Bellairs, R., Osmond, M., 2005, pp. xiii-xiv.



## **9 Danksagung**

Insbesondere möchte ich mich bei meinem Doktorvater Herrn Professor Dr. Dr. E. F. Kaleta bedanken, der mir das Thema überlassen hat, meine Studie mit vielen wertvollen Ideen und Anregungen unterstützt hat und meine Arbeit mit Verbesserungsvorschlägen und wertvollen Tipps bei der Literatursuche voran gebracht hat.

Einen großen Teil der Bruteier, die notwendig waren diese Studie durchzuführen stellte die Firma Lohmann Tierzucht GmbH, Cuxhaven zu Verfügung. Vielen Dank dafür!

Des Weiteren möchte ich meiner Frau danken, die mich motiviert hat, viel Geduld mit mir hatte und meine Arbeit unterstützt hat wo sie konnte.

Auch meinen Eltern und Schwiegereltern gilt mein Dank, ihre Unterstützung in der Zeit des Studiums und während der Arbeiten an dieser Studie hat diese Doktorarbeit ermöglicht.

Auch gilt den Mitarbeitern der Klinik für Vögel, Reptilien, Amphibien und Fische der Justus Liebig Universität Giessen, insbesondere Herrn Brückmann mein Dank. Er und seine Kollegen haben sich um meine Tiere gekümmert, die Brutvorgänge überwacht und mich auf viele Weisen bei meiner Arbeit unterstützt.

**Erklärung**

Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbstständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Giessen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.

Bad Kissingen, 25.02.2010

Dirk Imholt

*édition scientifique*  
**VVB LAUFERSWEILER VERLAG**

VVB LAUFERSWEILER VERLAG  
STAUFENBERGRING 15  
D-35396 GIESSEN

Tel: 0641-5599888 Fax: -5599890  
redaktion@doktorverlag.de  
www.doktorverlag.de

ISBN: 978-3-8359-5545-5

